МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

В. А. Васильев

ПРОСТЫЕ ТРАНЗИСТОРНЫЕ СУПЕРГЕТЕРОДИНЫ



МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 787

В. А. ВАСИЛЬЕВ

ПРОСТЫЕ ТРАНЗИСТОРНЫЕ СУПЕРГЕТЕРОДИНЫ



«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1971

6Ф2.124
В 19
УДК 621.396 62.324

Васильев В. А.

В 19 Простые транзисторные супергетеродины. М., «Энергия», 1971.

48 с с ил (Массовая радиобиблиотека Вып 787).

Описывается устройство и изготовление нескольких самодельных портативных супергетеродинов из доступных деталей Даются рекомендации по налаживанию с использованием простейших измерительных приборов.

Предназначена для широкого круга радиолюбителей

3-4-5
318-70

6Ф2.124

Владимир Алексеевич Васильев

Простые транзисторные супергетеродины

Редактор *Л. М. Коношенко*
Обложка художника *В. М. Аладьева*
Технический редактор *О. Д. Кузнецова*
Корректор *З Б. Шлайфер*

Сдано в набор 25/I 1971 г. Подписано к печати 14/X 1971 г. Т-16327
Формат 84×108[1]/32 Бумага типографская № 2
Усл. печ. л 2,52 Уч.-изд. л. 3,46
Тираж 70 000 экз. Цена 15 коп. Зак. 43

Издательсгво „Энергия". Москва, М-114, Шлюзовая наб.. 10.

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Шлюзовая наб., 10.

ЧТО ТАКОЕ СУПЕРГЕТЕРОДИН?

Как правило, начинающий радиолюбитель начинает знакомство с транзисторной техникой с изготовления наиболее простого приемника прямого усиления. Основным достоинством приемников прямого усиления является простота их устройства и налаживания. Но у них есть и свои серьезные недостатки, главными из которых являются низкая чувствительность и недостаточная избирательность.

Как известно, чувствительность приемника характеризует его способность улавливать и усиливать слабые сигналы. В свою очередь избирательность характеризует способность приемника отделять сигналы желаемой станции от всех остальных радиостанций, главным образом соседних, т. е. работающих на близких волнах. Правда, используя высокочастотные транзисторы, можно в ряде случаев сделать такой приемник прямого усиления, который по своей чувствительности не уступит некоторым типам приемников заводского изготовления Но вот с избирательностью приемников прямого усиления дело обстоит хуже

Известно, что избирательность приемника определяется качеством и количеством резонансных контуров, через которые проходит радиосигнал на своем пути от приемной антенны до детектора. И чем выше качество резонансных контуров и больше их количество, тем лучше их избирательность.

В приемниках прямого усиления, как правило, имеется только один резонансный контур магнитной антенны, настраиваемый на волну принимаемой станции. Если такой приемник обладает малой чувствительностью, то при приеме местных радиостанций низкая избирательность особой роли не играет Зато в приемнике высокой чувствительности, способном принимать большое количество дальних радиостанций, недостаточная избирательность делает практически невозможной прослушивание одной станции. Обычно слышно сразу несколько станций, что сводит на нет достигнутую высокую чувствительность.

Иногда с целью улучшения избирательности в усилитель ВЧ вводится дополнительный резонансный контур, также настраиваемый на частоту принимаемого сигнала. Обычно настройка обоих резонансных контуров производится с помощью сдвоенного блока переменных конденсаторов. Приемники с резонансным усилителем ВЧ действительно обладают более высокой чувствительностью и избирательностью, но их налаживание и эксплуатация связаны с рядом трудностей. Главным образом это обусловлено неустойчивой работой перестраиваемых резонансных усилителей ВЧ.

Желание увеличить количество принимаемых станций, громкость и качество звучания приемника заставляют любителя либо совершенствовать выбранную схему прямого усиления, либо обратиться к другой, более полно отвечающей его требованиям Однако приемник прямого усиления не может удовлетворить все запросы радиолюбителя Сделать это можно только с помощью приемника, собранного по супергетеродинной схеме

Отличительной особенностью супергетеродинного приемника является то, что частота принятого сигнала преобразуется в некоторую неизменную промежуточную частоту Затем преобразованный сигнал поступает на вход усилителя, настроенного на эту же частоту Конечно, величина промежуточной частоты должна оставаться неизменной при перестройке входного контура в диапазоне волн Преобразование частоты осуществляется с помощью специального устройства, называемого преобразователем частоты

Преобразователь частоты содержит гетеродин и смеситель Гетеродин представляет собой маломощный генератор и является источником местного высокочастотного напряжения Смеситель предназначен для перемножения двух сигналов слабого, выделенного входным контуром, и более мощного, поступающего от гетеродина В результате перемножения сигналов появляется ток, частота которого равна разности частот принятого сигнала и гетеродина При перестройке входного контура одновременно перестраивается и контур гетеродина, причем так, что разница частот сигнала и гетеродина остается неизменной Наличие преобразователя частоты несколько усложняет приемник, но позволяет добиться лучших результатов

К сожалению, у начинающих радиолюбителей супергетеродины не пользуются особым успехом, потому что, во первых, супергетеродин по своему устройству и конструкции сложнее, чем приемник прямого усиления, во-вторых, в супергетеродине обычно используется большее количество транзисторов и других деталей, в-третьих, настройка и налаживание супергетеродина сложнее, чем приемника прямого усиления

Если к любительскому супергетеродину не предъявлять высоких требований, а его изготовление рассматривать не как самоцель, а как этап в освоении начал транзисторной техники то все указанные трудности можно будет преодолеть, выбрав для начала наиболее простую конструкцию Затем, приобретя необходимый опыт, можно будет приступить к более сложным приемникам Как показывает практика, в любительских условиях очень трудно сразу собрать, а тем более наладить сложный приемник Такие попытки в большинстве случаев кончаются неудачей Поэтому последовательное изготовление ряда конструкций возрастающей сложности является распространенным и общепринятым

Можно значительно ускорить, удешевить и облегчить процесс изготовления ряда конструкций, если собирать их последовательно на монтажной плате одного приемника, наиболее простого по устройству Тогда при каждом последующем усложнении схемы придется только вносить некоторые изменения и дополнения Конечно, в этом случае принципиальная схема супергетеродина, конструкция монтажной платы и корпуса приемника должны быть рассчитаны с учетом последующих усовершенствований

В книге описываются конструкции шести транзисторных супергетеродинов, три первые из которых выполняются на базе одной

конструкции и предназначены для тех любителей, которые только приступают к постройке супергетеродинов Здесь используются дешевые и доступные детали, все катушки индуктивности — самодельные Правда, при этом приемники могут быть выполнены только в виде переносных конструкций, но зато это позволяет любителям с меньшим страхом и риском браться за изготовление супергетеродинов

Другие три приемника представляют собой дальнейшее усовершенствование Они собираются из малогабаритных стандартных деталей и узлов, что позволяет сделать их карманными Эти приемники могут быть рекомендованы для повторения любителям, уже имеющим опыт в изготовлении и налаживании супергетеродинов, например одного из трех предшествующих

Несмотря на свою простоту, все описываемые приемники обеспечивают громкоговорящий прием местных и дальних радиостанций, работающих в одном из вещательных диапазонов длинных (700—2 000 *м*), средних (200—570 *м*) или коротких (25—50 *м*) волн

ЧЕТЫРЕХТРАНЗИСТОРНЫЙ СУПЕРГЕТЕРОДИН С ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТЬЮ 40 *мва*

Этот приемник представляет собой простейший супергетеродин всего на четырех самых дешевых транзисторах, позволяющий осуществлять громкоговорящий прием местных и некоторых мощных дальних радиостанций Прием ведется в одном из радиовещательных диапазонов волн ДВ или СВ на внутреннюю магнитную антенну В стационарных условиях возможно подключение внешней антенны и заземления, что увеличивает количество принимаемых радиостанций Здесь могут быть использованы две батареи типа КБС или шесть батарей типа «316» Комплект питания обеспечивает работу приемника в течение 40—60 *ч* Если использовать комплект более мощных батарей, например типа «373», «Марс», то время работы составит не менее 250—300 *ч*

Приемник выполнен в виде переносной конструкции с размерами 75×160×250 *мм* Внешний вид приемника, с учетом внесенных позднее изменений, показан на рис 1 Такие габариты позволяют применять самые различные детали, а не только малогабаритные, как это делается в карманных конструкциях При этом могут быть использованы не только новые детали, но и бывшие в употреблении, например от старого лампового приемника Кроме того, в приемнике используется некоторое количество самодельных деталей и элементов, таких как катушки индуктивности, монтажная плата и др Самостоятельное изготовление ряда деталей позволяет сократить стоимость приемника и дает радиолюбителю необходимые практические навыки

Схема описываемого приемника разработана так, что при его изготовлении и налаживании не требуется прибегать к специальному подбору транзисторов и резисторов Но прежде чем взяться за паяльник необходимо ознакомиться с принципом работы супергетеродина, а также разобраться в особенностях его принципиальной схемы, которых, как увидите далее, немало

Принципиальная схема приемника (рис 2) включает в себя магнитную антенну *МА*, преобразователь частоты на транзисторе T_1, однокаскадный усилитель промежуточной частоты (УПЧ) на транзисторе T_2, диодный детектор на диоде $Д_1$ и двухкаскадный уси-

литель низкой частоты (УНЧ) с однотактным выходом на транзисторах T_3, T_4.

Магнитная антенна предназначена для улавливания энергии радиоволн Преобразование частоты принятого сигнала производится преобразователем частоты, а последующее усиление сигнала — УПЧ Детектор необходим для получения из усиленного сигнала

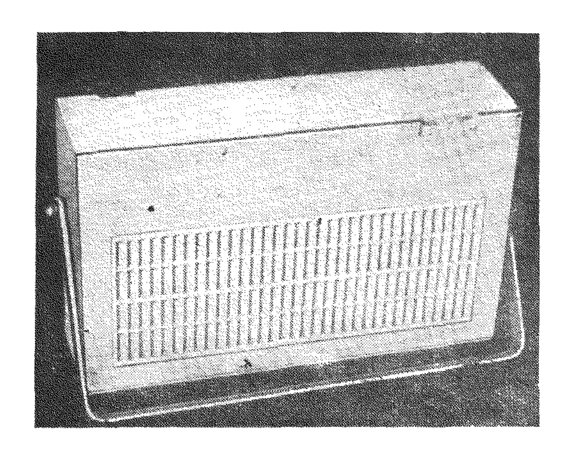


Рис. 1. Внешний вид переносного супергетеродина.

ПЧ электрических колебаний звуковых частот. Окончательное усиление сигнала происходит в каскадах УНЧ, оконечной нагрузкой которого является динамический громкоговоритель $Гр_1$.

Магнитная антенна приемника настраивается на волну желаемой станции с помощью конденсатора переменной емкости C_1, подобно тому, как это делается в приемниках прямого усиления. Параллельно переменному конденсатору C_1 подключен подстроечный конденсатор малой емкости C_2, необходимый для ограничения диапазона принимаемых волн. Обычно в супергетеродинных приемниках имеется несколько диапазонов, а переход с одного диапазона на другой осуществляется с помощью переключателя. В зависимости от типа приемника и его класса количество диапазонов может колебаться от 1 до 12. Изготовление и налаживание многодиапазонных приемников связано с рядом трудностей, преодоление которых не под силу начинающему радиолюбителю Именно по этой причине описываемые приемники являются однодиапазонными.

При приеме местных и мощных дальних радиостанций величина э. д. с. сигнала, наведенной в контуре магнитной антенны, может быть порядка нескольких сотен микровольт, в лучшем случае несколько милливольт. Поскольку входное сопротивление преобразователя частоты в сотни раз меньше резонансного сопротивления контура магнитной антенны, напряжение на катушке связи L_2 должно быть по крайней мере в 8—10 раз меньше, чем на выводах катушки L_1. Следовательно, напряжение сигнала на входе преобра-

зователя частоты составит всего несколько десятков, в лучшем случае сотен микровольт.

Преобразователь частоты в данном приемнике выполнен по самой простой и распространенной схеме с совмещенным гетеродином. Это значит, что один и тот же транзистор является одновременно гетеродином и смесителем.

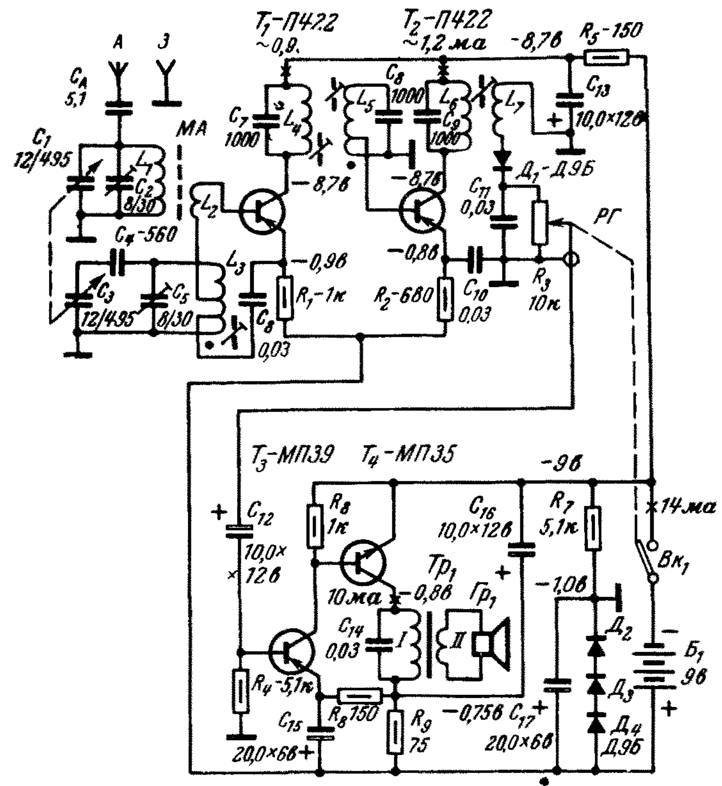


Рис. 2. Принципиальная схема четырехтранзисторного супергетеродина.

Гетеродинная часть выполнена по схеме с общим коллектором. Частота генерации определяется индуктивностью катушки L_3 и суммарной емкостью конденсаторов C_3—C_5. Для того чтобы гетеродин хорошо работал, необходимо обеспечить вполне определенный, стабилизированный режим работы транзистора T_1 по постоянному току и определенным образом подключить транзистор к катушке L_3.

Большинство типов высокочастотных транзисторов хорошо работают в преобразователях частоты с совмещенным гетеродином при постоянном напряжении между коллектором и эмиттером, равном 3—8 *в*, и постоянном токе коллектора 0,6—1,0 *ма*. Если ток и напряжение меньше нижних пределов, то генерация будет слабой

или вовсе не возникнет, а усиление, даваемое преобразователем частоты, может оказаться незначительным В случае превышения верхних пределов генерация может быть очень сильной, прерывистой, что приводит к самовозбуждению приемника и прослушиванию разного рода свистов

Следует указать, что стабилизировать режимы работы транзисторов, в особенности в конструкциях с батарейным питанием, довольно сложно, что обусловлено рядом физических и технических причин. Вот наиболее важные из них

1. Параметры различных экземпляров транзисторов даже одного и того же типа имеют существенный разброс Например, коэффициент усиления по току наиболее распространенных в любительской практике дешевых транзисторов может находиться в пределах от 10 до 300

2 Параметры транзисторов не остаются постоянными, а меняются со временем и под действием колебаний температуры окружающего воздуха Например, при повышении температуры на каждые 10° С обратный ток коллектора увеличивается вдвое, а вольтамперная характеристика цепи база — эмиттер смещается в сторону нуля на 0,05 *в*

3 Напряжение батареи питания в процессе эксплуатации уменьшается по сравнению со своим начальным значением Например если в приемнике используется батарея с начальным напряжением 9 *в*, то к концу ее срока службы напряжение упадет до 4,5 *в*

Известно несколько способов установки и стабилизации режимов работы транзисторов Самый простой из них заключается в том, что требуемое значение тока коллектора устанавливается резистором, соединяющим базу транзистора с «минусом» питания Эта схема установки режима получила широкое применение в любительских конструкциях Однако она имеет серьезные недостатки

Дело в том, что в этой схеме питания режим работы зависит одновременно от трех факторов номинала резистора смещения, усиления транзистора по току и напряжения батареи питания Поэтому для изготовления таких приемников необходимо приобретать транзисторы с определенным значением коэффициента усиления и, кроме того, в процессе налаживания приходится подбирать номиналы резисторов для каждого транзистора в отдельности Все это вызывает необходимость предварительного макетирования схемы на вспомогательной панели, связанного с многократными заменами резисторов и транзисторов, а также замерами токов и напряжений

По этой причине в большинстве промышленных и во многих современных любительских приемниках применяется не «простая», а более сложная схема подачи смещения, так называемая схема трех резисторов Два из них образуют делитель напряжения смещения в цепи базы, а третий включается в цепь эмиттера При определенном соотношении сопротивлений резисторов режим работы транзистора практически не зависит от его параметров Это позволяет собирать приемники без предварительного макетирования и отбора транзисторов Здесь, так же как и в предыдущем случае, режим зависит от величины напряжения питания В обоих случаях налаженные приемники ухудшают свои характеристики при снижении напряжения питания уже на 20—25%

От указанных недостатков в значительной мере свободны схемы со стабилизированным смещением Например, в распространенном

приемнике «Спидола» применен дополнительный транзисторно-диодный стабилизатор, с помощью которого поддерживается постоянство режимов гетеродина и смесителя при изменении напряжения питания в пределах 5—9 *в* Подобные стабилизаторы усложняют конструкцию приемника и требуют специального налаживания

В данном приемнике применен простейший диодный стабилизатор, с помощью которого поддерживается постоянное значение коллекторных токов всех транзисторов На рис 3 приведена упрощенная схема питания преобразователя частоты по постоянному току Катушки индуктивности L_2—L_4 не показаны вследствие малости их сопротивления постоянному току Здесь в качестве стабилизирующих элементов используются последовательно включенные диоды $Д_2$—$Д_4$ При постоянном токе через диоды, превышающем 0,5 *ма*, напряжение на них очень слабо зависит от величины тока Например, для схемы на рис 3, где диоды $Д_2$—$Д_4$ подключены к источнику питания через резистор R_7 сопротивлением 5,1 *ком*, изменение напряжения питания с 9 до 4,5 *в* вызывает уменьшение напряжения на базе транзистора T_1 с —1,0 *в* до —0 9 *в* (относительно «плюса» питания), т е в среднем каждый диод обеспечивает стабилизированное напряжение около 0,3—0,35 *в*

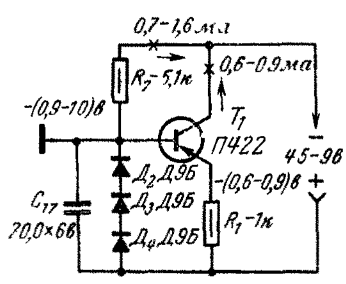


Рис. 3. Упрощенная схема питания преобразователя частоты по постоянному току.

При токе коллектора 1 *ма* напряжение смещения между базой и эмиттером может колебаться по ряду причин в пределах 0,1—0,3 *в*. Таким образом, на резисторе R_1, включенном в цепь эмиттера транзистора T_1, должно действовать постоянное напряжение, равное разности напряжений на базе и эмиттере, т. е. около 0,7—0,9 *в*. Это напряжение создается за счет прохождения через R_1 постоянного тока эмиттера Зная величины сопротивления R_1 и напряжения на нем, по закону Ома нетрудно определить величину тока через него (в данном случае 0 6—0,9 *ма*) Таким образом, применение диодного стабилизатора делает ток коллектора практически независимым как от параметров транзисторов, так и колебаний напряжения питания и температуры воздуха Правда, данный простейший стабилизатор не позволяет поддерживать неизменным напряжение между коллектором и эмиттером Но, как показывает практика, даже при разряде батарей с 9 до 4,5 *в* преобразователь частоты работает устойчиво при использовании в нем высокочастотных транзисторов с коэффициентом усиления от 12 до 300 Диодный стабилизатор достаточно мощный, его можно использовать также для питания базовых цепей транзисторов T_2 и T_3. В связи с этим оказалось более целесообразным сделать общим, т е «заземлить» не плюсовый провод питания, как обычно, а среднюю точку диодного стабилизатора.

Но вернемся к преобразователю частоты Если режим работы транзистора T_1 в норме, а выводы катушки L_3 соответствующим образом подключены к его электродам, то в контуре гетеродина должны возникнуть непрерывные высокочастотные колебания (рис 4)

При включении питания в контуре гетеродина возникают слабые колебания, наиболее мощными из которых будут те, частота которых близка к частоте настройки контура. Часть напряжения выделенных контуром колебаний снимается с верхнего по схеме (рис. 4,*а*) отвода катушки L_3 и подается на базу транзистора T_1. В цепи эмиттера этого транзистора возникает высокочастотный ток, в несколько раз превышающий вызвавший его ток базы. Значительная часть усиленного тока через конденсатор C_6 по нижнему по схеме отводу катушки L_3 вновь поступает в контур гетеродина. В результате этого высокочастотное напряжение на контуре будет расти до тех пор, пока не установится равенство мощности, вводимой в контур транзистором, и потерь в нем.

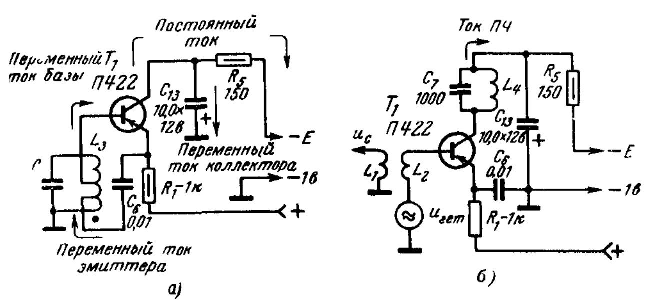


Рис. 4. Упрощенные схемы гетеродина (*а*) и смесителя (*б*).

Как видно из рис. 4,*а*, гетеродин собран по схеме с общим коллектором. Непосредственной нагрузкой транзистора здесь является часть контурной катушки L_3, включенная между эмиттером и общим проводом. На базу транзистора сигнал снимается с большей части катушки L_3.

В отличие от гетеродина смеситель (рис. 4,*б*) включен по схеме с общим эмиттером: напряжения с частотами сигнала и гетеродина подаются на базу; резонансный контур (L_4C_7), настроенный на промежуточную частоту 465 *кгц*, включен в цепь коллектора, а эмиттер

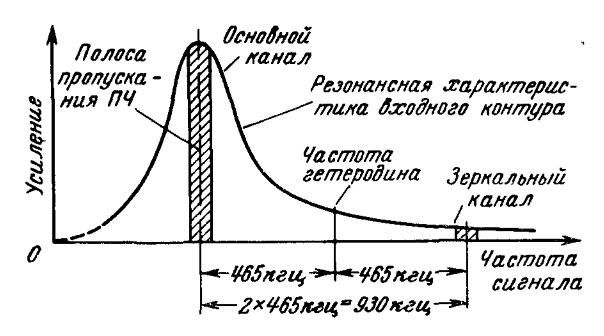


Рис. 5. Избирательность супергетеродина.

«заземлен» для промежуточной частоты и частоты сигнала через конденсатор C_6.

Собственно преобразование частоты сигнала в промежуточную происходит в цепи эмиттер — база транзистора T_1, где в результате совместного действия мощных колебаний гетеродина и слабых колебаний сигнала появляется ток с частотой, равной разности исходных частот, и амплитудой, меняющейся в соответствии с принимаемыми сообщениями. Ток разностной частоты проходит через контур L_4C_7, и, если его частота близка к 465 *кгц*, на нем выделится усиленное напряжение сигнала, но уже на промежуточной частоте.

Одной из особенностей супергетеродинов является то, что прием возможен не только по основному каналу, т. е. на частоте настройки входного контура, но и по зеркальному. Обычно в радиовещательных приемниках частота гетеродина выбирается выше частоты принимаемого сигнала на величину промежуточной частоты. В то же время преобразователь частоты преобразует в промежуточную частоту сигналы, частота которых выше частоты гетеродина на величину промежуточной. Таким образом, супергетеродин может принимать сразу два сигнала, частоты которых отличаются друг от друга на удвоенную промежуточную частоту. Для ослабления помех со стороны зеркального канала необходимо наличие высокодобротного входного контура, частота настройки которого была бы всегда ниже частоты гетеродина на величину промежуточной частоты, как это показано на рис. 5. Первое условие легко осуществимо, так как собственная добротность магнитной антенны может составлять более 100—150. Значительно сложнее обеспечить сохранение требуемой разности в частотах настройки входного и гетеродинного контуров при перестройке по диапазону. Эти трудности объясняются значительной разностью коэффициентов перекрытия по частоте указанных контуров. Покажем это на примере. Средневолновый радиовещательный диапазон занимает полосу частот 525—1 605 *кгц*, следовательно, входной контур должен обеспечивать перекрытие по частоте не менее 3,1. При этом частота гетеродина должна изменяться от 525 *кгц* + 465 *кгц* = 990 *кгц* до 1 605 *кгц* + 465 *кгц* = 2 070 *кгц*, т. е. всего в 2,1 раза. Еще большая разница в перекрытии по частоте наблюдается в длинноволновом диапазоне (150—408 *кгц*), где перекрытие по частоте входного контура должно составлять примерно 2,7 а гетеродинного — всего 1,42. Взаимное согласование настройки входных и гетеродинных контуров называется сопряжением, а элементы, с помощью которых оно производится, — сопрягающими элементами.

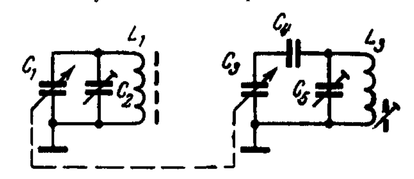


Рис. 6. Элементы контуров входного устройства и гетеродина.

На рис. 6 представлено упрощенное изображение входного и гетеродинного контуров с сопрягающими конденсаторами C_2, C_4 и C_5. Подстроечные конденсаторы C_2 и C_5 используются для установки максимальных частот настройки каждого контура в отдельности. Минимальная частота настройки регулируется сердечниками катушек L_1 и L_3. Особую роль играет конденсатор C_4, включенный последовательно с конденсатором настройки C_3. Емкость конденсатора C_4

подбирают таким образом, чтобы уменьшить до требуемой величины перекрытие гетеродинного контура по частоте

Применение такой схемы позволяет получить точное сопряжение настройки контуров только в трех точках диапазона, а именно в начале, середине и конце диапазона На участках между этими точками точность сопряжения несколько нарушается. Точность сопряжения во многом зависит от того, насколько номиналы применяемых конденсаторов и катушек индуктивности отличаются от расчетных. Немаловажную роль играет также аккуратность, с которой проводились настройка и сопряжение контуров. Все это приходится учитывать и несколько расширять полосу пропускания входного контура с тем, чтобы уменьшить влияние неточности сопряжения на основные качественные характеристики приемника.

Таким образом, после преобразователя частота принятого сигнала становится равной 465 *кгц*. Усиленное напряжение сигнала выделяется на контуре L_4 C_7. Дальше все кажется просто: с части витков L_4 снять напряжение ПЧ и подать его на вход усилителя, что нередко и делается в простейших любительских конструкциях. Но поступать таким образом не следует и вот почему.

Резонансный контур, стоящий в коллекторной цепи преобразователя частоты, должен не только выделить напряжение промежуточной частоты, но, что не менее важно, подавить напряжение частоты гетеродина. Оказывается, что, несмотря на большую разность частот ПЧ и гетеродина, которая колеблется от 150 до 1 600 *кгц*, напряжение частоты гетеродина на контуре L_4C_7 может составлять десятки милливольт. В то же время сигнал ПЧ на контуре L_4C_7 не превышает нескольких милливольт С целью уменьшения напряжения гетеродина на контуре ПЧ емкость конденсатора C_7 рекомендуется увеличить до 2 000—3 000 *пф*, хотя это и снижает усиление каскада. С точки зрения повышения усиления было бы полезно уменьшить емкость C_7 до 200—300 *пф* Таким образом, выбранная величина емкости конденсатора C_7 1 000 *пф* занимает некоторое среднее положение между двумя крайними. Делать эту емкость менее 500 *пф* не рекомендуется также из соображений сохранения устойчивой работы преобразователя частоты. Практика показывает, что для полного подавления напряжения частоты гетеродина одного контура явно недостаточно Поэтому в промышленных приемниках выделенный сигнал ПЧ, прежде чем поступить на вход усилителя, проходит еще через два-три контура Эти же контуры ослабляют помехи от соседних станций, т. е. улучшают избирательность по соседнему каналу, что является их основной задачей В простейших конструкциях вполне можно обойтись двумя контурами, как это сделано в данном приемнике.

Напряжение ПЧ снимается с части витков катушки L_5, которая с конденсатором C_8 образует резонансный контур, настроенный на частоту 465 *кгц* Катушки L_4 и L_5 расположены на определенном расстоянии друг от друга, что обеспечивает возможность передачи энергии от одного контура к другому. Контуры, между которыми возможна передача энергии, называются связанными Важной особенностью связанных контуров является то, что наибольшее количество энергии передается от одного контура к другому при совпадении частоты сигнала с частотой настройки контуров Таким образом, через связанные контуры ПЧ на вход усилителя ПЧ поступает сигнал, в значительной степени отфильтрованный, т. е.

очищенный от мешающих сигналов, частоты которых отличаются от принимаемого сигнала.

Положительным качеством преобразователя частоты является не только преобразование частоты принимаемого сигнала в промежуточную, но и значительное усиление, даваемое им. Усилительные возможности преобразователя частоты оцениваются коэффициентом передачи, показывающим, во сколько раз напряжение промежуточной частоты на входе УПЧ больше, чем напряжение принятого сигнала на катушку связи L_2. Коэффициент передачи описанного преобразователя равен приблизительно 20, но только при условии соблюдения рекомендованного режима работы по постоянному току и применения транзистора, граничная частота которого превышает максимальную частоту гетеродина, по крайней мере, в 10—20 раз. Первое условие выполняется за счет стабилизации режима работы транзистора T_1, второе — благодаря использованию высокочастотных транзисторов, например, типа П422, П423, а также транзисторов старых выпусков, П401—П403 Что касается коэффициента усиления по току, то его изменение от 12 до 300 хотя и влияет на коэффициент передачи преобразователя, но не очень сильно

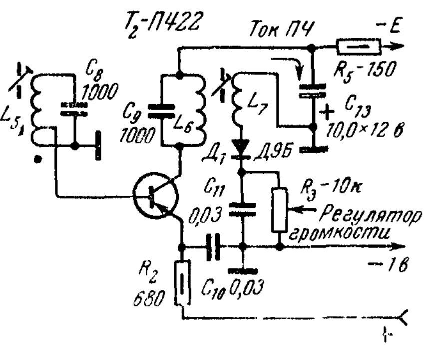


Рис. 7. Принципиальная схема усилителя ПЧ и детектора.

Усилитель ПЧ однокаскадный, выполнен на одном транзисторе. Как видно из его принципиальной схемы (рис 7), стабилизация коллекторного тока осуществляется точно так же, как и в преобразователе частоты Резистор R_2 зашунтирован по промежуточной частоте конденсатором C_{10}. В коллектор транзистора T_2 включен резонансный контур, состоящий из катушки L_6, конденсатора C_9 и настроенный на частоту 465 *кгц*. На одном сердечнике с катушкой L_6 находится катушка связи L_7, напряжение с которой поступает на детектор. Поскольку входное сопротивление детектора около 3 *ком* и на детектор подается примерно 70% напряжения контура L_6C_9, то избирательные свойства этого контура в значительной степени ослаблены.

Следует учесть, что собственные избирательные свойства этого контура без учета шунтирующего действия на него детектора могут быть очень высокими и реализовать их можно было бы путем уменьшения количества витков катушки связи L_7 Но добиться этого практически не удается Причиной является чрезмерное увеличение усиления каскада, обусловленное ростом резонансного сопротивления контура L_6C_9. Дело в том, что для любого резонансного каскада (данной частоты и данного типа транзистора) существует предельное значение коэффициента усиления, превысив которое усилитель самовозбуждается.

Величина максимально допустимого коэффициента усиления зависит от величины внутренней паразитной емкости

транзистора между коллектором и базой, которая называется емкостью коллектора и обозначается $C_к$.

Емкость $C_к$ образует цепь внутренней обратной связи, по которой некоторая часть переменного тока коллектора ответвляется на базу Чем выше частота сигнала, чем больше емкость $C_к$ и резонансное сопротивление контура, тем больше ток внутренней обратной связи через емкость $C_к$ В усилителях с резистивно-емкостной связью, где отсутствуют катушки индуктивности в коллекторных цепях транзисторов, такая внутренняя обратная связь является отрицательной, т. е. уменьшающей усиление каскада

В резонансных усилителях внутренняя обратная связь может быть как отрицательной, так и положительной, что зависит от резонансных частот контуров, включенных в цепи коллектора и базы, а также качества этих контуров. Небольшая положительная обратная связь по мере роста резонансного сопротивления контура усиливается, вначале приводя к появлению неприятных свистов, завываний в громкоговорителе, а потом к полному самовозбуждению каскада, превращая его из усилителя в генератор

Какие меры следует принимать для предотвращения этих явлений? Во-первых, в резонансных каскадах следует применять только высокочастотные транзисторы, обладающие небольшой емкостью $C_к$. Для примера можно указать, что у транзисторов типа П401 величина емкости $C_к$ может находиться в пределах от 3—5 до 10—15 *пф*, тогда как у транзисторов типа П402, П403, П422 она не превышает обычно 6—10 *пф* Значительный разброс величины емкости $C_к$ у транзисторов даже одного типа приводит к тому, что с одним транзистором каскад работает устойчиво, с другим — самовозбуждается.

Для того чтобы избежать необходимости подбора «невозбуждающихся транзисторов», параметры каскада и резонансного контура подбираются таким образом, чтобы усиление не превышало предельно допустимого значения при использовании транзисторов с максимальным значением емкости $C_к$ При этом коэффициент усиления каскада по напряжению может находиться в пределах 75—100. Это значит, что напряжение ПЧ на входе детектора в 75—100 раз больше, чем на базе транзистора T_2. Таким образом, усиление напряжения сигнала от базы транзистора T_1 до входа детектора составит примерно $20 \times (75 \div 100) = 1\,500 \div 2\,000$ раз Это уже значительное усиление, достаточное для приема удаленных радиостанций.

Детектор приемника собран по простейшей схеме и содержит всего три элемента: диод $Д_1$, потенциометр R_9 и конденсатор C_{11}. Диод $Д_1$ используется для выпрямления переменного напряжения ПЧ, а потенциометр R_9 и конденсатор C_{11} служат нагрузкой детектора, причем R_9 является и регулятором громкости. Минимальное напряжение ПЧ, необходимое для работы приемника с достаточной громкостью, должно составлять около 40—60 *мв* Это значит, что с учетом усиления, даваемого преобразователем частоты и усилителем ПЧ, напряжение сигнала на базе транзистора T_1 или на катушке L_2 должно быть не менее 20—30 *мкв*

В свою очередь такое напряжение будет тогда, когда поле радиостанции наведет в катушке магнитной антенны э д с, равную примерно 300 *мкв*. При выбранных параметрах магнитной антенны это будет соответствовать чувствительности приемника около 3—5 *мв/м*.

Усилитель НЧ приемника двухкаскадный, собранный на транзисторах различных типов проводимости. *р-п-р* — транзистор T_3 и *п-р-п* — транзистор T_4. Такое сочетание транзисторов позволяет обойтись без переходных электролитических конденсаторов и обеспечить устойчивую работу УНЧ как при смене транзисторов, так и при изменении температуры. Принципиальная схема усилителя НЧ приведена на рис. 8.

Как видно из рис. 8, смещение на базу транзистора T_3 подается через резистор R_4. Напряжение НЧ, снимаемое с потенциометра R_3, поступает на базу транзистора T_3 через электролитический конденсатор C_{12}. Коллектор транзистора T_3 подключен непосредственно к базе последующего транзистора T_4, эмиттер которого соединен с «минусом» питания. Первичная обмотка выходного согласующего трансформатора Tp_1 включена в цепь коллектора транзистора T_4 и по постоянному току соединена с «плюсом» питания через низкоомный резистор R_9. Между нижним по схеме выводом первичной обмотки и «минусом» питания включен электролитический конденсатор, который необходим для устранения обратного воздействия оконечного каскада УНЧ на предыдущие каскады.

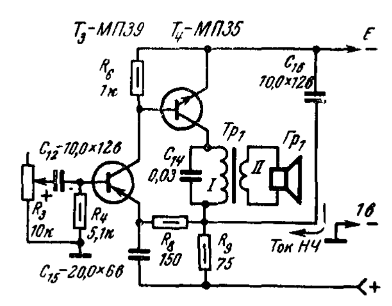


Рис. 8. Принципиальная схема усилителя НЧ.

Стабилизация тока транзистора T_4 достигается за счет подключения эмиттера транзистора T_3 через низкоомный резистор R_8 к общей точке первичной обмотки и резистора R_9.

Это позволяет без какого-либо предварительного макетирования и подбора резисторов использовать в УНЧ практически любые маломощные транзисторы с усилением по току от 10—15 до 300. Максимальная выходная мощность УНЧ с однотактным выходом по схеме на рис. 8 примерно равна 40 *мва*. Правда, это в 2—3 раза меньше, чем выходная мощность большинства промышленных транзисторных приемников, но все же этого вполне достаточно для громкоговорящего приема.

Одной из особенностей однотактного УНЧ является независимость потребляемого тока от выходной мощности, если, конечно, она не превосходит своего максимального значения. Это в свою очередь позволяет относительно просто стабилизировать режим работы УНЧ и обеспечить устойчивую работу приемника при глубоком разряде батареи. Последнему способствует также наличие развязывающих фильтров R_5C_{13} в цепи питания транзисторов T_1 и T_2, R_9C_{16} — в цепи коллектора транзистора T_4 и конденсатора C_{17}, блокирующего стабилизатор (см. рис. 2).

Динамический громкоговоритель, являющийся оконечной нагрузкой УНЧ, подключен ко вторичной обмотке трансформатора Tp_1. Малогабаритные трансформаторы хорошо пропускают частоты выше 150—200 *гц*. В переносных любительских приемниках воспроизведение частот выше 4—5 *кгц* может привести к неприятному дребезжанию громкоговорителя. Поэтому более высокие частоты ослаб-

ляются, что обеспечивается конденсатором C_{14}, шунтирующим первичную обмотку трансформатора $Тр_1$

Детали, конструкция и монтаж. В приемнике применены главным образом готовые детали и элементы. Самодельными являются только катушки магнитной антенны, гетеродина и контуров ПЧ, монтажная плата, ручки управления и корпус приемника.

Транзисторы T_1 и T_2 должны быть высокочастотными, например типа П422—П423 (П401—П403). Транзистор T_3 может быть типа МП39—МП42, T_4 — МП35—МП38 с любыми буквенными индексами. Хотя приемник может работать с самыми дешевыми транзисторами, в том числе имеющими усиление по току около 10—15, все же несколько лучшие результаты получаются при использовании транзисторов с большим усилением. В особенности это относится к транзисторам T_3 и T_4.

Диоды $Д_1$—$Д_4$ типа Д9Б—Д9Е. Кроме того, можно применить диоды типа Д2Б—Д2Д, но тогда, возможно, придется подбирать номинал резистора R_7.

Постоянные резисторы типа МЛТ-0,5 или УЛМ-0,125 Вместо одного резистора R_9 на 75 *ом* можно использовать два резистора сопротивлением 150 *ом* каждый, включив их в параллель. Переменный резистор R_3 типа ТК или ТК-Д на 5—10 *ком*, совмещенный с выключателем питания $Вк_1$.

Конденсаторы постоянной емкости C_8, C_{10}, C_{11}, C_{14} типа БМ-2, КЛС или МБМ емкостью 0,02—0,03 *мкф*; C_4, C_7, C_8, C_9 типа КСО-1, КСО-2, ПМ-2, КТК-1а, ПСО с допуском ±10%. Электролитические конденсаторы типа К50-3, ЭМ, ЭМ-Н или «Тесла»· C_{12}, C_{13}, C_{15} — 10,0×12 *в* или 20,0×12 *в*; C_{16}, C_{17} — 20,0×6 *в* или 20,0×12 *в*, в крайнем случае 10,0×12 *в*. Подстроечные конденсаторы C_2, C_5 типа КПК-1. Конденсатор связи с внешней антенной C_a типа КТК-1а на 4,7—6,8 *пф*.

Блок конденсаторов переменной емкости C_1 и C_3 двухсекционный, с воздушным диэлектриком, на 12/495 *пф* Такие блоки широко применяются в ламповых приемниках, например «Рекорд-65», «Серенада» и др. Правда, блок более громоздок, чем КПЕ типа «Тесла», имеющий две секции по 5/380 *пф*. Но зато у него перед «Теслой» два важных преимущества. Во-первых, он вдвое дешевле и, во-вторых, обеспечивает более равномерное распределение станций по шкале настройки, что обусловлено специальной формой его подвижных пластин. Это значительно облегчает поиск станций и настройку на них, в особенности на высокочастотном участке диапазона

Трансформатор $Тр_1$ — выходной, от приемника «Альпинист». Можно также использовать аналогичный трансформатор от другого переносного транзисторного приемника с выходной мощностью до

Таблица 1

Обмотка	Провод	Число витков	Сопротивление постоянному току, *ом*	Сердечник
I	ПЭВ-2 0,12	405 + 405	20 + 20	Пермаллой
II	ПЭВ-2 0,3	100	1,2	Ш6,4×6

150—200 *мва*, например «Спидола», «ВЭФ-транзистор-10», «Сувенир» и т п Трансформатор можно также сделать самостоятельно Сердечник набирается из пластин Ш8 до толщины 6—8 *мм*. Моточные данные обмоток приведены в табл. 1

Громкоговоритель $Гр_1$ — динамический, с номинальной мощностью 0,5—1 *ва* и сопротивлением звуковой катушки 4,5—6,5 *ом* Лучше всего подойдет громкоговоритель от «Спидолы» типа 0,5ГД-10, 1ГД-18, а также типа 1ГД-9 от приемников старых выпусков

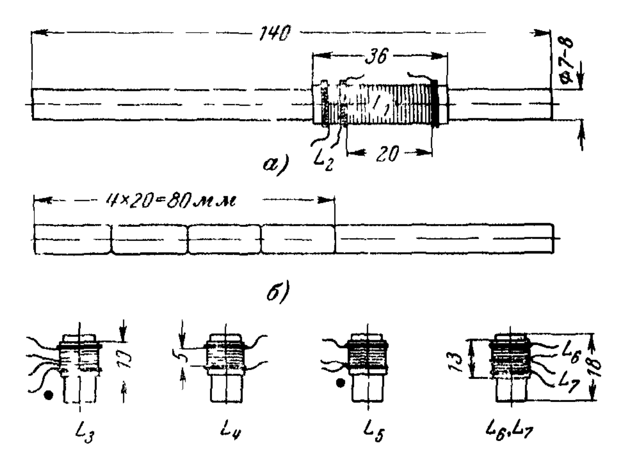


Рис. 9 Конструкция магнитной антенны (*а*) и катушек индуктивности (*б*).

Использование малогабаритных громкоговорителей крайне нежелательно, так как при малой выходной мощности усилителя НЧ (до 40 *мва*), они не обеспечат необходимой громкости, а тем более качества звучания Не рекомендуется также применять громкоговорители с неэкранированным ферритовым магнитом, например типа 0,5ГД-12, 1ГД-28, сильное внешнее магнитное поле которого расстраивает катушки индуктивности с ферритовыми сердечниками

Магнитная антенна (МА) представляет собой стандартный ферритовый стержень марки 400 НН (Ф-400) или 600 НН (Ф-600) диаметром 7—8 *мм* и длиной 140 *мм*, на котором размещен подвижный бумажный каркас с намотанными на нем катушками L_1 и L_2. Внешний вид магнитной антенны в сборе показан на рис 9,*а*. Моточные данные приведены в табл 2. Крайние выводы катушек крепят нитками, пропитанными лаком, либо полихлорвиниловыми кольцами шириной 3—4 *мм* Катушки гетеродина (L_3) и фильтров ПЧ (L_4 — L_7) являются весьма важными элементами супергетеродина и к их изготовлению следует отнестись серьезно Можно было бы рекомендовать использовать готовые сердечники от катушек промышленных приемников, но достать их радиолюбителю, особенно начинающему, пока трудно Поэтому в данном приемнике используются катушки, в качестве сердечников которых применяются куски круглого стержня магнитной антенны Намотка всех катушек производится внавал Катушки мотают на подвижных бумажных карка-

сах, свободно перемещающихся по ферритовому сердечнику. Моточные данные катушек даны в табл. 2, а конструкция катушек представлена на рис. 9,*б*. Крайние витки подвижных катушек крепят полихлорвиниловыми кольцами либо нитками

Таблица 2

Катушки	Количество витков	
	Средние волны	Длинные волны
L_1 L_2	62 6	200 15
L_3	2 + 4 + 60	3 + 5 + 125
L_4	62	
L_5	6 + 56	
L_6 L_7	62 50	

Серьезным недостатком катушек с цилиндрическим сердечником является их значительное поле рассеивания Обычно для его устранения применяют специальные металлические экраны. В данном приемнике катушки, которые могли бы оказывать нежелательное взаимное действие друг на друга, разнесены на значительные расстояния, что позволило обойтись без экранов.

Монтажная плата выполняется из текстолита или гетинакса толщиной 1,5—2,0 *мм*. Обрабатывается ножовкой, лобзиком и дрелью. Чертеж платы представлен на рис. 10 На нем указаны все отверстия, которые необходимы для монтажа деталей данного и двух последующих приемников. Отверстия диаметром 3 *мм* предназначены

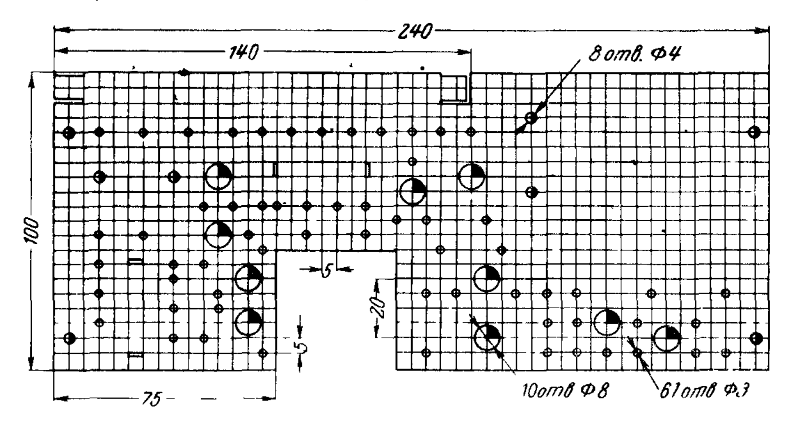


Рис. 10. Чертеж монтажной платы.

для установки монтажных пустотелых заклепок. Отверстия диаметром 4 *мм* делают для крепежных винтов М3. Отверстия диаметром 8 *мм* предназначены для крепления корпусов транзисторов и сердечников катушек $L_3 — L_7$.

Регулятор громкости и конденсатор переменной емкости крепят на плате с помощью специальных уголков, изготовленных из латуни или алюминия толщиной 0,8—1,0 *мм* по чертежам, изображенным на рис. 11. Ручки управления регулятора громкости и настройки выпиливают из органического стекла толщиной 4—6 *мм* по чертежам, показанным на рис. 12. Ручки крепят на осях с помощью металлических трубок, впрессованных одним концом в ручку. Для фиксации положения ручки применяются боковые винты М3.

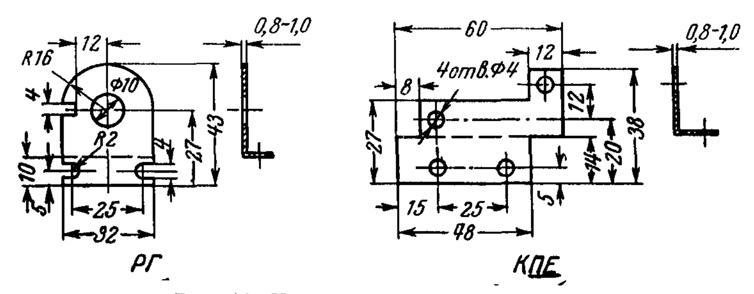


Рис. 11. Чертежи монтажных уголков.

Монтаж деталей на плате производится с помощью винтов М3 и пайки оловянно-свинцовым легкоплавким припоем с канифолью в такой последовательности. Устанавливают и расклепывают монтажные заклепки. Закрепляют трансформатор, регулятор громкости и конденсатор переменной емкости. В соответствующих отверстиях крепят корпуса транзисторов и сердечники катушек L_3—L_7. Монтажные гнезда заполняют выводами соответствующих деталей и соединительных проводников. Пайку каждого гнезда или соединения производят только после проверки правильности подключения всех выводов в соответствии с принципиальной схемой. Выводы катушек залуживают и подпаивают к специальным вспомогательным проводникам, как это показано на рис. 13. Магнитную антенну устанавливают и распаивают в последнюю очередь. Вид монтажной платы в сборе показан на рис. 14.

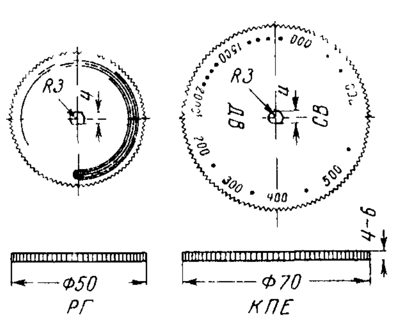


Рис. 12. Чертеж ручек управления.

При проведении монтажных работ следует избегать перегрева транзисторов, диодов и конденсаторов постоянной емкости, для чего необходимо пользоваться пинцетом и производить пайку маломощ-

ным паяльником. Монтажные гнезда распаивают с тыльной стороны платы.

Корпус приемника было бы хорошо сделать из листового органического стекла (непрозрачного) толщиной 3—4 *мм*, желательно яркой расцветки. Но можно также использовать березовую фанеру, покрытую шпоном ценной породы дерева. Громкоговоритель крепят на специальной панели, выпиленной лобзиком из плотного картона или фанеры толщиной 3 *мм*. Батареи питания устанавливают в специальной кассете, расположенной в нижней части корпуса приемника. Размещение монтажной платы, громкоговорителя и батарей в корпусе приемника показано на рис. 14. Для переноски

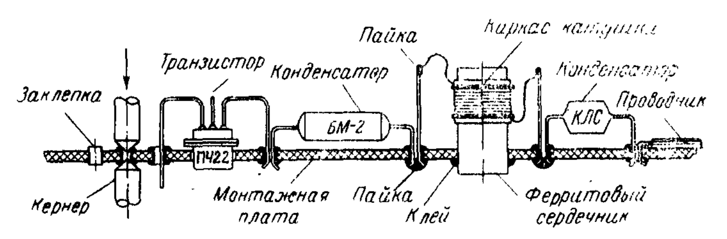


Рис. 13. Последовательность монтажа деталей на плате.

приемника необходимо предусмотреть металлическую ручку либо ремешок. Наружное отверстие под громкоговоритель закрывается защитной решеткой или сеткой. Желательно также поставить небольшую декоративную решетку на задней крышке корпуса приемника, напротив громкоговорителя, что способствует улучшению качества звучания.

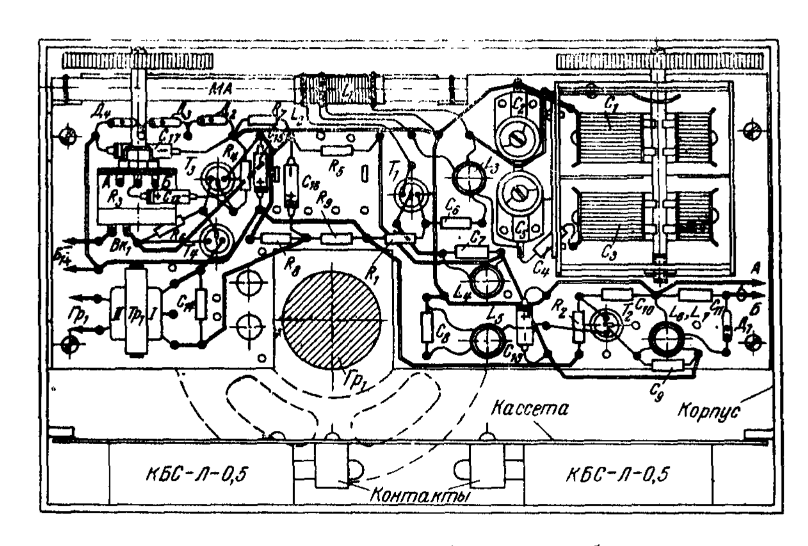


Рис 14 Вид монтажной платы в сборе.

Налаживание. Многие радиолюбители, и не только начинающие, считают, что наладить супергетеродин под силу только опытному специалисту, что преобразователи частоты очень капризны и плохо поддаются настройке Такое мнение сложилось и было, может быть, вполне правильным на заре транзисторной техники, когда отсутствовали высокочастотные транзисторы и любители пользовались только низкочастотными А для того чтобы заставить низкочастотные транзисторы удовлетворительно работать в преобразователе частоты хотя бы на СВ (о КВ и говорить не приходилось), нужно было перебрать несколько транзисторов и потом долго «колдовать» над их режимами, подбирая токи и количество витков катушек гетеродина При использовании высокочастотных транзисторов все намного проще По начнем по порядку

Сначала необходимо еще раз самым внимательным образом проверить монтажные соединения на плате и вне ее, обращая особое внимание на правильность включения выводов транзисторов и катушек, а также полярность диодов, электролитических конденсаторов и батареи питания После устранения всех замеченных ошибок можно включить питание, для чего ручку регулятора громкости вывести из крайнего левого положения в крайнее правое

Если детали исправны и соединения сделаны правильно, то в громкоговорителе должно быть слышно легкое шипение, вызванное внутренними шумами усилителя НЧ Исправность усилителя НЧ и детектора можно проверить путем подключения к аноду диода $Д_1$ внешней антенны или куска провода длиной 3—4 *м* Если при этом в громкоговорителе будут слышны трески атмосферных разрядов, а еще лучше — сигналы одной или сразу нескольких местных станций, это означает, что детектор и усилитель НЧ работают нормально Далее необходимо убедиться в работоспособности высокочастотного тракта Для этого каркасы всех катушек устанавливают в среднее положение (рис 9) и плавным вращением ротора находят сигнал хотя бы одной станции Если ничего не слышно, то нужно подключить внешнюю антенну к гнезду *А* и вновь повторить попытку

Найдя станцию, можно перейти к настройке фильтров ПЧ в резонанс. Делается это путем перемещения каркасов катушек ПЧ по своим сердечникам, добиваясь возрастания громкости сначала L_6 и L_7, затем L_5, L_4 (рис 2) Операция повторяется 2—3 раза Если громкость возрастает настолько, что появятся заметные искажения звука, то внешнюю антенну нужно отключить либо перестроиться на другую станцию, менее мощную, и вновь подстроить фильтры ПЧ

Следующий этап — установка границ диапазона и сопряжение частот настроек контуров магнитной антенны и гетеродина Делать это лучше всего в вечернее время, когда наблюдается хороший прием многих станций и не только местных

Сначала настраивают на станцию, работающую в низкочастотном участке диапазона (около 500—550 *м* на СВ и 1 700—2 000 *м* на ДВ), и перемещением каркаса катушки L_3 добиваются наибольшей громкости при почти полном введении подвижных пластин конденсатора переменной емкости Затем производится подстройка магнитной антенны, осуществляемая перемещением каркаса катушек L_1 и L_2 по ферритовому сердечнику Если при наибольшей громкости прием сопровождается свистом или завыванием, то это свидетельствует о самовозбуждении тракта ПЧ Для его устранения необходимо несколько расстроить катушки фильтров ПЧ

Далее приемник перестраивают на станцию, работающую на высокочастотном конце диапазона (190—200 *м* на СВ и 700—750 *м* на ДВ) и подстройкой конденсатора C_5 добиваются ее приема при почти полностью выведенных пластинах ротора конденсатора переменной емкости. Сопряжение настроек здесь производится подстройкой конденсатора C_2.

Если границы диапазона установлены правильно, а сопряжение произведено достаточно точно, то сопряжение настройки в середине диапазона должно получиться автоматически. В случае понижения чувствительности на этом участке диапазона рекомендуется подстроить катушку L_3 и вновь произвести сопряжение на концах диапазона, как было описано выше. После налаживания преобразователя частоты необходимо проверить настройку фильтров ПЧ, добиваясь максимальной чувствительности при отсутствии самовозбуждения.

Описанная выше методика налаживания приемлема в случае полностью исправного приемника и отсутствии каких-либо измерительных приборов. Но если в приемнике оказались неисправные детали, то обнаружить неисправность без простейшего измерительного прибора не так-то просто, а в ряде случаев просто невозможно.

Здесь подойдет стандартный или самодельный авометр (тестер) с входным сопротивлением при измерении постоянных напряжений не менее 10 *ком/в*. Кроме того, желательно иметь вспомогательный приемник с градуированной шкалой. Налаживание с применением авометра производится в следующей последовательности.

Сначала измеряют общий ток, потребляемый приемником. Для этого прибор ставится на измерение постоянного тока на 20—30 *ма*. Регулятор громкости переводят в крайнее левое положение «Выключено» и щупы прибора подключают параллельно контактам $Вк_1$ на потенциометре R_3. В случае отсутствия грубых ошибок показания прибора должны составлять 12—14 *ма*. При значительных отклонениях от указанных пределов (более 2—3 *ма*) следует проверить напряжение на электродах транзисторов и «заземленной» шине относительно «плюса» питания (прибор переключают на измерение постоянного напряжения).

Первым замеряют напряжение стабилизированного смещения на диодах $Д_2$—$Д_4$. Оно может находиться (в зависимости от разброса параметров диодов) в пределах 1,0—1,1 *в*. Если измеренное значение отличается от крайних пределов более чем на 0,1 *в*, то необходимо отключить «Заземление» от общей точки резистора R_7 и диода $Д_2$, после чего вновь измерить величину напряжения на диодах $Д_2$—$Д_4$. Если после этого напряжение принимает требуемое значение, то это говорит о неисправности в цепях смещения транзисторов. И наоборот, в случае сохранения прежнего значения величины стабилизированного напряжения следует вновь подобрать номинал резистора R_7 либо заменить диоды $Д_4$—$Д_5$. К указанной мере приходится прибегать при использовании неисправных деталей либо деталей, отличающихся по параметрам от нормы на десятки процентов. Неисправность того или иного каскада определяется по сравнению требуемых и измеренных значений напряжений на точках, указанных на схеме (рис. 2). Конечно, батарея при проведении измерений должна быть свежей. Включение прибора показано на рис. 15.

Особо следует сказать о режиме транзистора T_1 преобразователя частоты, так как ток его коллектора зависит от работы гетеродина. При нормальной работе гетеродина он на 0,1—0,15 *ма*

больше, чем при неработающем гетеродине; причем это увеличение должно наблюдаться по всему диапазону, где меньше, а где больше. Эту особенность можно использовать для проверки работоспособности гетеродина. Например если при замыкании на «землю» нижнего по схеме (рис. 2) вывода конденсатора C_6 напряжение на эмиттере транзистора T_1 уменьшается при любом положении ротора конденсатора переменной емкости, то гетеродин исправен. Если нет, то где-то в преобразователе неисправность. Чаще всего причиной бывает неправильное включение выводов катушки L_3.

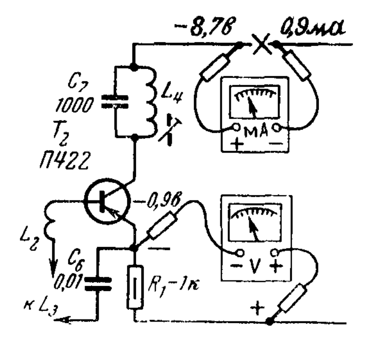


Рис. 15. Измерение токов и напряжения.

При наличии только миллиамперметра можно обойтись измерением коллекторных токов в местах, обозначенных по схеме (рис. 2) крестиками. Следует указать, что измерение токов менее желательно, чем измерение напряжений, поскольку это требует перепайки соединений. При многократных перепайках возможен обрыв выводов деталей.

Может оказаться, что в приемнике использованы детали со значительными отклонениями, вследствие чего режимы транзисторов также далеки от требуемых. В таких случаях коррекция режимов может быть проведена подбором сопротивлений резисторов для транзистора T_1—R_1; T_2—R_2; T_3 и T_4—R_9.

После того как проверены режимы работы транзисторов, выявлены и устранены неисправности, можно приступать к налаживанию и проверке детектора и усилителя НЧ, как это было описано ранее. Тракт ПЧ проверяют и налаживают с помощью сигнала промежуточной частоты 465 *кгц*, снимаемого с детекторного контура вспомогательного приемника. Делают это с помощью проводника длиной около 2 *м*, один конец которого через конденсатор емкостью 30—100 *пф* подпаен к аноду лампы или коллектору транзистора оконечного каскада ПЧ вспомогательного приемника, а другой включен в гнездо внешней антенны настраиваемого приемника. «Земли» обоих приемников необходимо соединить вместе.

Если вспомогательный приемник настроен на какую-либо станцию, то ее сигнал на частоте 465 *кгц* будет поступать на катушку L_1 и далее на базу транзистора T_1. Для того чтобы магнитная антенна незначительно ослабляла этот сигнал, она должна быть настроена на волну, близкую к ПЧ. Это значит, что на СВ пластины конденсатора переменной емкости должны быть полностью введены, а на ДВ — полностью выведены Тогда вся высокочастотная часть настраиваемого приемника будет представлять собой как бы приемник прямого усиления, настроенный на промежуточную частоту.

Последовательной подстройкой фильтров ПЧ, сначала L_6C_9 и затем L_5C_8 и L_4C_7, добиваются максимальной громкости звучания. На заключительном этапе, возможно, придется даже вынуть провод из гнезда *А* и поместить его рядом с катушкой L_1, чтобы устранить искажения из-за перегрузки усилителя ПЧ.

Вспомогательный приемник может помочь в нахождеиии станций, работающих на нужном участке диапазона при настройке и сопряжении контуров магнитной антенны и гетеродина, а также при уточнении шкалы настройки, оценке чувствительности и избирательности конструкции.

Конечно, окончательную оценку собранному приемнику можно дать только после испытания его в реальных условиях, например в процессе эксплуатации, когда удается выявить его хорошие и плохие стороны. Налаженный в любительских условиях приемник должен обладать чувствительностью около 3—5 *мв/м*, избирательностью по соседнему каналу 14—16 *дб* и максимальной выходной мощностью 40 *мва*, что для столь простой конструкции можно считать вполне приемлемым

При эксплуатации этого приемника выявляются два недостатка, обусловленных его простотой. Во-первых, небольшая величина максимальной выходной мощности, а во-вторых, искажения сигнала при приеме мощных станций, обусловленные перегрузкой усилителя ПЧ. Первый недостаток можно устранить, если в усилитель НЧ добавить двухтактный оконечный каскад с максимальной выходной мощностью на 200—250 *мва*, а второй — введением в усилитель ПЧ автоматической регулировки усиления (АРУ).

ШЕСТИТРАНЗИСТОРНЫЙ СУПЕРГЕТЕРОДИН С ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТЬЮ 200 *мва*

Принципиальная схема. Согласно рис 16 описываемый приемник отличается от предшествующего изменением номинала и места включения резисторов R_8 и R_9, введением дополнительных резисторов R_{10}, R_{11}, конденсатора C_{18}, транзисторов T_5 и T_6 и согласующего трансформатора Tp_2. Выходной трансформатор Tp_1— от прежнего приемника. Все остальное осталось без изменений.

Автоматическая регулировка усиления (АРУ)— обязательная и неотъемлемая часть практически любого супергетеродина. Только в самых простых приемниках, подобных описанному ранее, АРУ может и не быть. Наличие АРУ необходимо вот по каким причинам. Усиление высокочастотной части приемника рассчитывают на прием сигналов слабых и дальних станций И чем больше требуется чувствительность, тем выше должно быть усиление до детектора. Например, максимальное усиление напряжения сигнала в приемниках высшего класса может составлять более 100 000, тогда как в описываемом приемнике оно составляет всего около 2 000.

В то же время для приема сигналов местных и мощных дальних станции требуется значительно меньшее усиление, так как напряжение сигнала на входе приемника само по себе велико. Если при этом усилитель ПЧ и преобразователь частоты обладают большим усилением, то сигнал на выходе будет сильно искажен вследствие перегрузки усилителя ПЧ, т е вместо требуемых нескольких сотен милливольт на входе детектора будет действовать напряжение искаженного сигнала в несколько вольт В ряде случаев при продолжительной перегрузке возможен выход из строя транзистора усилителя ПЧ

Что же необходимо сделать, чтобы избежать перегрузки усилителя ПЧ и искажения сигнала до детектора? Ответ прост — уменьшить усиление до детектора при приеме мощных сигналов. Сделать это можно, например, с помощью какого-либо потенцио-

метра, которым регулируется сигнал на входе усилителя ПЧ, подобно тому, как это делается в усилителе НЧ. Но еще лучше, если регулировка осуществляется без участия слушателя, в соответствии с уровнем принимаемого сигнала: если сигнал слаб, то чувствительность и усиление максимальны, при мощном сигнале усиление уменьшается и вместе с этим падает чувствительность. В результате наблюдается как бы выравнивание громкости близких и дальних станций.

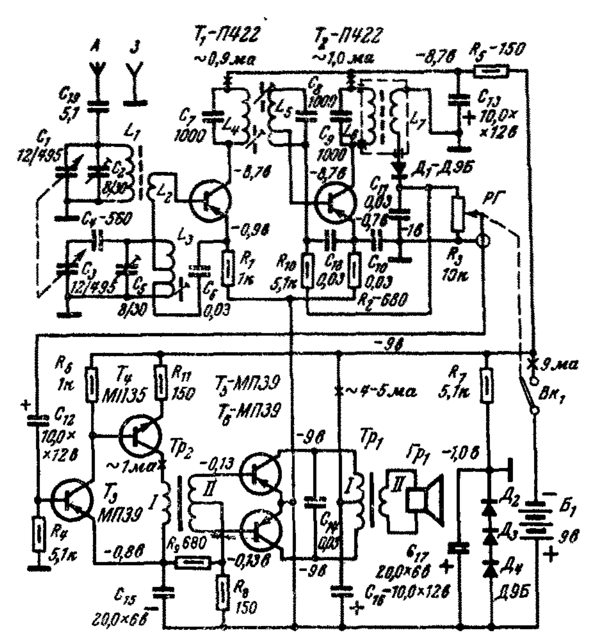


Рис. 16. Принципиальная схема шеститранзисторного супергетеродина.

В данном приемнике АРУ осуществляется путем подачи на базу транзистора T_2, работающего в каскаде усиления ПЧ, переменного смещения. Достигается это за счет подключения базы транзистора T_2 (по постоянному току) через развязывающий фильтр $R_{10}C_{18}$ к верхнему (по схеме) выводу потенциометра R_3, являющегося нагрузкой детектора. При отсутствии сигнала напряжение смещения на базе транзистора T_2 на 0,1—0,2 *в* меньше напряжения смещения, поданного на «Землю» вследствие падения напряжения на резисторах R_3 и R_{10} при протекании по ним тока базы.

В присутствии сигнала на резисторе R_3, кроме низкочастотного напряжения, действует постоянное напряжение, получаемое при детектировании высокочастотного (ПЧ) сигнала, причем величина постоянного напряжения в несколько раз превосходит низкочастотное напряжение и может достигать 1—2 *в*. При этом действующее на верхнем (по схеме) выводе потенциометра R_3 постоянное напряжение относительно «плюса» питания становится

меньше стабилизированного смещения. И чем сильнее сигнал, тем заметнее эта разность. В свою очередь, чем меньше напряжение смещения, подаваемого на базу транзистора T_2, тем меньше его токи и усиление. Наконец, при очень мощном сигнале ток коллектора будет близок к нулю, так что транзистор будет уже не усиливать, а ослаблять сигнал.

У читателя может возникнуть вопрос: а нельзя ли подключить нижний (по схеме) вывод катушки L_5 непосредственно к выводу потенциометра R_3, не вводя дополнительно фильтра $R_{10}C_{18}$? Делать так не рекомендуется из-за того, что на потенциометре R_3 действует некоторое остаточное напряжение ПЧ, попадание которого вновь на базу транзистора T_2 через катушку L_5 может привести к самовозбуждению приемника. Чтобы этого не было, и введен фильтр $R_{10}C_{18}$, устраняющий обратную связь по ПЧ между выходом детектора и базой транзистора T_2.

Примененная система АРУ является самой простой, но, несмотря на это, она позволяет существенно улучшить качество звучания приемника при прослушивании местного радиовещания.

Усилитель НЧ, как видно из сравнения рис. 2 и 16, подвергся наибольшей переделке. Главное — введение оконечного двухтактного каскада, работающего в экономичном режиме АВ. В предшествующем приемнике усилитель имел оконечный однотактный каскад, работающий в режиме А, т. е. с фиксированным значением постоянного тока коллектора. Режим АВ отличается тем, что постоянный ток, потребляемый оконечным каскадом, зависит от величины выходной мощности: при малой громкости ток минимален; по мере увеличения громкости он растет и достигает наибольшего значения при максимальной мощности.

Режим АВ применяется исключительно в двухтактных каскадах, содержащих не менее двух транзисторов, в данном случае T_5 и T_6. Для работы такого каскада необходимы также два специальных трансформатора Tp_2 — согласующий, Tp_1 — выходной. Здесь в качестве Tp_1 используется выходной трансформатор предшествующего приемника.

Первичная обмотка трансформатора Tp_2 включается в коллекторную цепь транзистора T_4, а вторичная своими крайними выводами подключена к базам транзисторов T_5 и T_6. Необходимое начальное смещение на их базах, равное (0,11—0,15) *в*, создается за счет подключения среднего вывода вторичной обмотки к общей точке резисторов R_8, R_9, по которым проходит постоянный ток коллектора транзистора T_4. Постоянное напряжение на коллекторы транзисторов T_5 и T_6 подводится через первичную обмотку трансформатора Tp_1, средняя точка которого соединена с «минусом» питания.

Первичная обмотка согласующего трансформатора Tp_2 имеет значительно большее число витков, чем первичная обмотка трансформатора Tp_1, и ее сопротивление токам НЧ составляет уже не сотни ом, а несколько килоом. В результате этого ток коллектора транзистора T_4 необходимо уменьшить до 1,0—1,2 *ма*, вследствие чего изменены сопротивления и место включения резисторов R_8 и R_9. Кроме того, с целью повышения стабильности режима транзистора T_4 в цепь его эмиттера включен резистор R_{11}, создающий местную отрицательную обратную связь, улучшающую качество звучания приемника.

Оконечный каскад усилителя НЧ работает следующим образом. При отсутствии сигнала НЧ коллекторные токи транзисторов T_5 и

T_6 определяются только начальным смещением на их базах и составляют в среднем по 2 *ма*. В присутствии сигнала НЧ на базы этих транзисторов поступают равные по амплитуде, но противоположные по фазе напряжения, снимаемые с крайних выводов вторичной обмотки трансформатора $Тр_1$.

Такое включение входной цепи приводит к тому, что когда на базе одного транзистора напряжение НЧ имеет отрицательную полярность и ток его коллектора возрастает, на базе другого транзистора действует напряжение НЧ положительной полярности и ток его коллектора уменьшается до нуля. Поскольку электрические колебания НЧ представляют собой чередование напряжений положительной и отрицательной полярностей, то транзисторы T_5 и T_6 будут работать по очереди, в два такта. Отсюда и название каскада двухтактный.

Основное преимущество двухтактного каскада в его высоком к. п. д., достигающем в реальных условиях 65—70% при теоретически возможном значении около 78%. В данной конструкции величина к. п. д. достигает примерно 60%. Потребляемый приемником ток составляет около 10 *ма* при работе с минимальной громкостью и 40—50 *ма* — при максимальной громкости.

Такая неравномерность величины потребляемого тока имеет свои положительные и отрицательные стороны. Конечно, с точки зрения экономного расхода энергии батарей это хорошо. Но пульсации потребляемого тока создают нежелательные изменения напряжения питания в такт с изменением громкости. Эти колебания по цепям питания передаются в предшествующие каскады приемника, создавая нежелательные обратные связи, которые в зависимости от особенностей схемы могут приводить к самовозбуждению приемника либо к заметному ухудшению его чувствительности и качества звучания.

Наиболее эффективными мерами борьбы с этим являются применение источников питания с малым внутренним сопротивлением (например, элементов типа «373», «Марс») и увеличение емкости конденсаторов фильтров в цепи питания (C_{13}, C_{16}). Следует отметить, что приемники с малым числом каскадов в усилителе НЧ, подобные описанным в данной брошюре, менее чувствительны к колебаниям напряжения питания, чем многокаскадные.

Детали, монтаж и налаживание. Транзисторы T_5 и T_6 могут быть самые дешевые, например типа МП39. Но поскольку качество звучания приемника все же зависит от идентичности параметров транзисторов T_5 и T_6, то желательно применение таких типов, которые имеют небольшой разброс по условию. Здесь целесообразно применить пару транзисторов типа МП40—МП42 с любыми буквенными индексами (А, Б). При этом не следует увлекаться транзисторами с большим усилением по току, более 100—150, так как качество от этого не улучшится, а начальный ток транзисторов T_5 и T_6 при отсутствии сигнала на входе возрастет

Резисторы R_{10}—R_{11} такого же типа, который был использован в предшествующей конструкции.

Конденсатор C_{18} типа БМ 2 или МБМ, КЛС емкостью 0,02—0,05 *мкф*.

Трансформатор $Тр_2$ — согласующий, от приемника «Альпинист» или ему подобного, например «Атмосфера-2м». В случае необходимости его можно изготовить самостоятельно. Моточные данные приведены в табл. 3.

Таблица 3

Обмотка	Провод	Число витков	Сопротивление постоянному току ом	Сердечник
I	ПЭВ-2 0,1	2 200	230	Пермаллой
II	ПЭВ 2 0,1	260 + 260	50 + 50	Ш6,4×6

Все остальные детали и узлы предшествующей конструкции остаются без изменения

Монтаж вновь устанавливаемых деталей производится в соответствии с принципиальной схемой, изображенной на рис 16 Расположение деталей усилителя НЧ на монтажной плате показано на рис 17 Следует обратить внимание на правильность установки трансформаторов и распайки их выводов

Если предшествующий приемник уже налажен а дополнительные изменения в схеме проведены правильно, то приемник должен

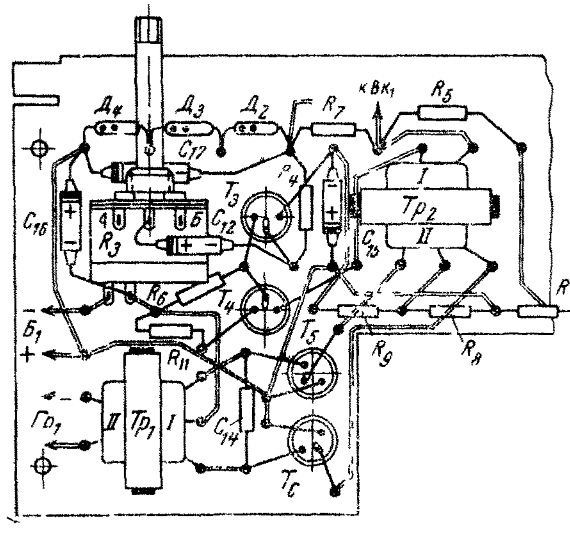


Рис 17 Монтаж деталей двухтактного усилителя НЧ.

заработать сразу Если это не так то необходимо измерить режимы работы транзисторов T_4—T_6 и определить неисправность Чаще всего причина «молчания» в неправильной распайке выводов транзисторов и трансформаторов Бывает и так, что забывают подключить средний вывод обмотки одного из трансформаторов к схеме

Может оказаться что токи потребляемые транзисторами T_5 и T_6, либо малы и тогда звук при малой громкости весьма искажен, либо слишком велики и поэтому транзисторы нагреваются В таких случаях необходимо подобрать сопротивление резистора R_8

В процессе эксплуатации усовершенствованного приемника можно заметить что качество и громкость его звучания значительно улучшились но количество принимаемых станции практически не возросло Дальнейшее увеличение количества принимаемых станций возможно лишь за счет совершенствования высокочастотной части приемника Увеличение же чувствительности усилителя НЧ за счет применения транзисторов с большим усилением или путем введения дополнительных каскадов приведет только к увеличению внутренних шумов приемника, прослушиваемых в громкоговорителе

Улучшить чувствительность приемника можно за счет увеличения числа транзисторов в усилителе ПЧ Например, добавление всего одного транзистора позволяет улучшить чувствительность описанного выше приемника в 10—20 раз При этом количество станции значительно возрастет Но было бы неправильным считать, что введение еще одного, третьего по счету, транзистора в усилитель ПЧ сделает наш приемник сверхчувствительным

Наоборот, из за чрезмерного повышения усиления на ПЧ приемник становится неустойчивым в работе, склонным к самовозбуждению Поэтому здесь, кроме транзисторов, пришлось бы добавить большое количество резисторов и конденсаторов, необходимых для развязывающих фильтров Конечно, говорить о простоте такой конструкции уже не приходится, и, как показывает любительская практика, приемлемой простотой обладают только усилители ПЧ на двух транзисторах

Приемники снабженные двухкаскадными усилителями ПЧ, способны обеспечить прием большого числа станций не только в диапазонах ДВ и СВ в которых работают описанные выше конструкции, а также и на КВ

СЕМИТРАНЗИСТОРНЫЙ КОРОТКОВОЛНОВЫЙ СУПЕРГЕТЕРОДИН С ВЫХОДНОЙ МОЩНОСТЬЮ 200 *мва*

Несколько слов о коротких волнах Ими называются волны короче 100 *м*, Когда то а именно в начале 20 х годов нашего века, ученые считали этот диапазон непригодным для дальней связи поэтому не заслуживающим внимания а пригодным лишь для радиолюбительских связей на малые расстояния Но потом выяснилась замечательная способность коротких волн распространяться на очень большие расстояния за счет их отражения от ионосферы, находящейся на большой высоте над поверхностью Земли

И теперь короткие волны используются не только радиолюбителями но и различными государственными службами для связи на земле, на воде и в воздухе На КВ ведутся также программы радиовещания, для чего используются волны 25—75 *м* На этих волнах можно принимать сигналы станций Центрального радиовещания на расстоянии нескольких тысяч километров

Но было бы неправильным говорить только о достоинствах КВ, замалчивая их недостатки Главный из них — зависимость дальности связи от времени дня, месяца и года Например, волны 25—31 *м* хорошо проходят в дневное время а поэтому называются дневными Наоборот, радиостанции, работающие на волнах 41—45 *м*, лучше слышны в вечернее и ночное время Эти волны часто называют ночными Обычно в промышленных приемниках диапазон КВ разбит на два указанных выше поддиапазона Но в простых любительских

конструкциях целесообразно иметь один обзорный КВ диапазон 25—50 *м*, что значительно упрощает устройство, изготовление и налаживание приемника. Именно так и сделано в описываемом приемнике.

Принципиальная схема. Как видно из рис. 18, по сравнению с предыдущим приемником здесь добавлены транзистор T_7, резисторы R_{12}—R_{14}, а также конденсаторы постоянной емкости C_{20}—C_{22}. Кроме того, изменены конструкции и моточные данные катушек L_1—L_3, а вместо магнитной антенны *МА* применена штыревая телескопическая антенна *ША*.

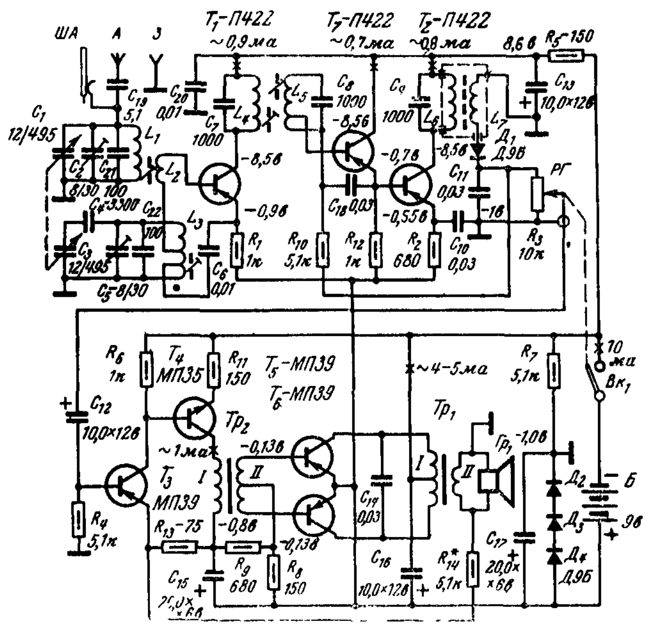


Рис. 18. Принципиальная схема семитранзисторного приемника.

Изменение данных катушек L_1—L_3, так же как и применение штыревой антенны, связано с переходом на КВ. Добавление конденсаторов C_{21} и C_{22} обусловлено уменьшением перекрытия диапазона примерно с трех (200—550 *м*) на СВ до двух (25—50 *м*) на КВ.

Усилитель ПЧ подвергся наибольшим изменениям. Здесь между отводом катушки L_5 и базой транзистора T_2 включен дополнительный транзистор T_7. Элементом связи между этими транзисторами является дополнительный резистор R_{12}, играющий одновременно роль стабилизатора тока эмиттера транзистора T_7. Поскольку начальное смещение на базе транзистора T_7 стабилизировано (при отсутствии сигнала), то, следовательно, будет стабилизировано также смещение на базе транзистора T_2

На первый взгляд может показаться, что транзистор T_7 включен по схеме с общим коллектором, как эмиттерный повторитель, а поэтому он не дает усиления по напряжению. На самом деле это не так.

Здесь входное напряжение подается непосредственно между базой и эмиттером транзистора T_7 через конденсатор C_{18} и часть витков катушки L_5. В этом случае безразлично, куда включать элемент межкаскадной связи (резистор R_{12}). Можно было бы, например, включить его в цепь коллектора, как это обычно делается. Но тогда потребовалось бы включить в цепь эмиттера дополнительный токостабилизирующий резистор, шунтированный по ПЧ дополнительным конденсатором. Кроме того, потребовалось бы введение еще одного переходного конденсатора между коллектором транзистора T_7 и базой транзистора T_2, соединенной с «землей» через дополнительный резистор.

Словом, такое несколько необычное включение транзисторов позволяет сократить количество требуемых деталей на два конденсатора и два резистора, не говоря уже о достигаемой при этом более высокой устойчивости и стабильности усиления. Например, данный усилитель обладает максимальным усилением по напряжению, равным примерно 2 тыс., а общее усиление приемника до детектора — 20—30 тыс.

Столь высокое усиление требует принятия дополнительных мер по устранению паразитных обратных связей по ПЧ. С этой целью катушки L_6, L_7 заключаются в электрический экран, поскольку именно они являются наиболее мощными источниками излучения ПЧ. Экранировка катушек с цилиндрическими сердечниками приводит к значительному уменьшению их индуктивности и добротности. В связи с этим оказалось более целесообразным в данном усилителе ПЧ применить катушки L_6, L_7 другой конструкции, намотав их на ферритовом кольце диаметром 7—10 *мм*.

Как уже говорилось в предшествующей главе, увеличение усиления сигнала до детектора улучшает прием дальних станций и ухудшает прием местных. В данном приемнике системой АРУ охвачены последовательно оба транзистора усилителя ПЧ, что практически исключает возможность искажения сигнала до детектора.

Усилитель НЧ, с целью дальнейшего улучшения качества звучания, охвачен общей отрицательной обратной связью. Напряжение обратной связи снимается со вторичной обмотки трансформатора Tp_1 и через делитель напряжения на резисторах R_{13}, R_{14} подается на эмиттер транзистора T_3.

В остальном принципиальная схема предшествующего приемника остается без изменений.

Детали, монтаж и налаживание. Транзисторы T_1, T_2 и T_7 — типа П422—П423 (П402—П403).

Конденсаторы C_{21} и C_{22} — типа КТК-Ia с допустимым отклонением номинала ±10%. Если конденсатор C_6 ранее был бумажным, например типа БМ-2 или МБМ, то его следует заменить керамическим, типа КЛС или КДС, поскольку бумажные конденсаторы на КВ работают очень плохо.

Катушки L_1—L_3 наматывают на пластмассовых каркасах с внешним диаметром 7—8 *мм*, снабженных карбонильными или ферритовыми подстроечными сердечниками. Для этой цели подойдут каркасы коротковолновых катушек от приемников «Спидола», «Латвия», а также каркасы ПЧ видео и звука от телевизионных прием-

ников, например, «Рубин», «Волна» и т п Катушки L_6, L_7 наматывают на ферритовом кольце марки 600 НН (Ф 600) с внешним диаметром 7—10 *мм* Для их намотки используется челнок Данные вновь изготовляемых катушек указаны в табл 4, а их конструкция показана на рис 19

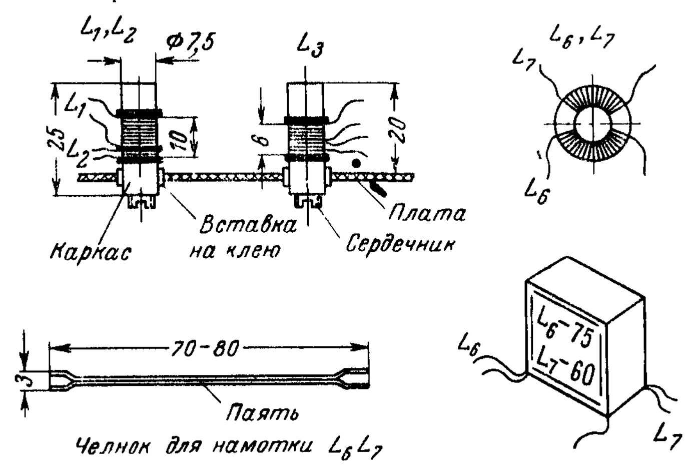


Рис 19 Конструкция катушек КВ и ПЧ

Экранирование катушек L_6, L_7 проще всего осуществить завернув их в фольгу от кондитерских изделий С целью предотвращения возможного замыкания витков катушек на экран кольцо с намотан

Таблица 4

Катушка	Число витков	Провод	Намотка
L_1	13	ПЭЛШО ПЭЛ 0 35 — 0,4	Однослойная
L_2	2	ПЭЛШО ПЭЛ 0,35 — 0,4	»
L_3	2 + 4 + 7	ПЭЛШО, ПЭЛ 0,35 — 0,4	»
L_4	62	ПЭЛШО, ПЭЛ 0,1 — 0,14	Внавал
L_5	6 + 56	ПЭЛШО, ПЭЛ 0,1 — 0,14	Внавал
L_6	75	ПЭЛШО, ПЭЛ 0,1 — 0,14	Внавал
L_7	60	ПЭЛШО ПЭЛ 0,1 — 0,14	»

ными катушками необходимо предварительно оклеить одним-двумя слоями писчей бумаги Соединение экрана с «землей» производится с помощью гибкого оголенного проводника (лучше луженого), обернутого несколькими витками поверх фольги

Если все перечисленные выше детали являются доступными для любителя, то этого, к сожалению, нельзя сказать о штыревой телескопической антенне, без которой коротковолновый приемник теряет свой изящный вид, а главное — не может работать Правда, ее можно заменить суррогатом — куском гибкого провода длиной 0,5—0,7 *м* или коротким стержнем длиной 0,3—0,4 *м* По, конечно, самое лучшее — приобрести готовую антенну от приемника «Спидола», «Сувенир» или «Соната» В ряде случаев можно использовать одну из трех «ног» портативного раздвижного фотоштатива или один из двух «усов» комнатной телевизионной антенны

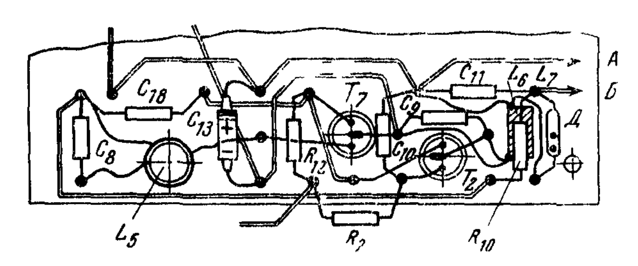


Рис 20 Монтаж деталей двухкаскадного усилителя ПЧ

Переделку приемника лучше всего начинать с усилителя ПЧ Расположение деталей двухкаскадного усилителя ПЧ на монтажной плате представлено на рис 20 После проверки правильности сделанных изменений включается питание и проверяется работа приемника на СВ или ДВ Если чувствительность приемника окажется недостаточной, то рекомендуется подобрать емкость конденсатора C_9, ориентируясь на повышение громкости дальних станций, когда АРУ не действует

Убедившись в исправности и эффективности нового усилителя ПЧ, можно переходить к модернизации усилителя НЧ В случае возбуждения усилителя НЧ, проявляющегося в мощном монотонном гудении громкоговорителя, необходимо изменить полярность включения выводов вторичной обмотки трансформатора Tp_1

Следует также учесть, что отрицательная обратная связь не только улучшает качество звучания, но и уменьшает усиление каскадов НЧ Поэтому если после введения обратной связи усиление окажется недостаточным, то необходимо увеличить сопротивление резистора R_{14} И, наоборот, если обратная связь уменьшает усиление незначительно, сопротивление резистора R_{14} нужно несколько уменьшить

Приступать к переделке катушек входного контура и гетеродина следует после того, как отлажены все остальные каскады приемника

Налаживание начинается с проверки работоспособности гетеродина, которая проводится точно так же, как описано в гл 1.

Аналогично производятся установка границ диапазона и сопряжение настроек сначала на 25 *м*, затем на 50 *м* Проверка сопряжения — на волне 31 *м* или 41 *м*

Одной из характерных особенностей коротковолновых вещательных приемников является их относительно низкая избирательность по зеркальному каналу Например, если на СВ и ДВ избирательность по зеркальному каналу с хорошо настроенным и сопряженным входным контуром составляет более 30—40 *дб*, то на КВ она достигает всего 16—20 *дб*, т е примерно в 100 раз ниже Как следствие этого можно ожидать появления различных помех, свистов и искажений сигнала Эта же причина вызывает частые ошибки при сопряжении настроек контуров Благодаря малой избирательности и относительной близости прямого и зеркального каналов на КВ возможно сопряжение настроек на одном из концов диапазона на зеркальный канал

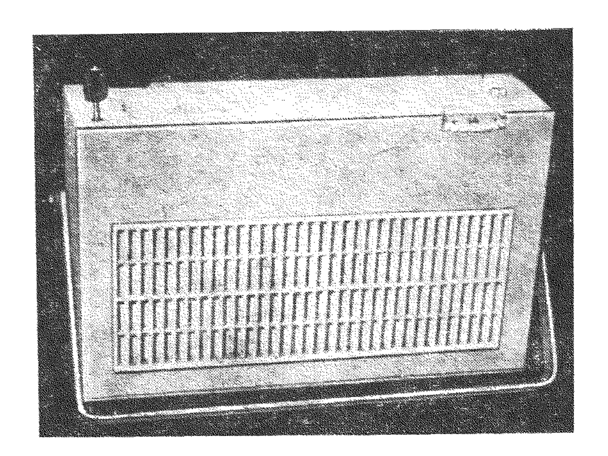


Рис. 21. Внешний вид коротковолнового приемника.

При этом на противоположном конце диапазона четкого сопряжения получить не удается Учитывая возможность подобных ошибок, настройку следует проводить очень тщательно, добиваясь четкого сопряжения в начале, середине и конце диапазона.

После окончания наладки переделанный приемник должен обеспечивать устойчивый громкоговорящий прием большого числа радиостанций как в дневное, так и в вечернее время Чувствительность налаженного в любительских условиях приемника составляет в среднем 100—150 *мкв* При этом на КВ выявляется еще один недостаток — трудность настройки на станцию, что обусловлено отсутствием верньера, применяемого в большинстве приемников промышленного производства с целью замедления вращения ротора конденсатора переменной емкости. В данном приемнике возможно использование простейшего фрикционного верньера, представляющего собой резиновый валик диаметром 10—12 *мм*, насаженный на ось

и входящий в контакт с верхней поверхностью шкалы настройки При вращении резинового валика одновременно будет прокручиваться шкала настройки, но значительно медленнее Внешний вид приемника с частично выдвинутой штыревой антенной и простым верньером показан на рис 21

В заключение описания трех переносных приемников следует заметить, что рассмотренные изменения могут быть выполнены и в другой последовательности Например, можно ввести КВ-диапазон в четырехтранзисторный супергетеродин, изменив данные входного и гетеродинных контуров Либо в последнем варианте оставить диапазон ДВ или СВ Возможны также другие варианты, найти и применить которые под силу радиолюбителю В частности, можно выполнить описанные супергетеродины в виде карманных конструкций Необходимо только заметить, что карманные приемники имеют ряд характерных особенностей, которые должны быть учтены в принципиальной схеме и конструкции, о чем пойдет речь в описании следующих трех супергетеродинов

ПЯТИТРАНЗИСТОРНЫЙ КАРМАННЫЙ СУПЕРГЕТЕРОДИН

Характерной особенностью карманных приемников является применение в них малогабаритных громкоговорителей и маломощных источников питания Первое обстоятельство существенно ухудшает качество и уменьшает громкость звучания. Второе — ограничивает величину максимальной выходной мощности и продолжительность работы с одной батареей И если с точки зрения достижения приемлемой громкости звучания необходимо иметь усилитель НЧ с выходной мощностью до 100—150 *мвт*, то для повышения экономичности приемника в целом максимальную выходную мощность желательно ограничить уровнем 50—70 *мвт* Обычно в любительской и промышленной практике придерживаются некоторого промежуточного значения равного 70—100 *мвт* В частности, например, такой выходной мощностью обладают известные далеко за пределами нашей страны приемники «Сокол» и «Селга»

Ограничения, накладываемые на усилитель НЧ карманного приемника, требуют использования в нем, по крайней мере, трех транзисторов, причем оконечный каскад должен быть выполнен по двухтактной схеме и работать в экономичном режиме АВ Применение же двухтранзисторных однотактных усилителей НЧ, подобных, например, описанному выше, существенно ухудшает экономичность карманного приемника, снижает громкость и качество звучания. Если при этом учесть, что в приемнике, кроме усилителя НЧ, должны быть еще преобразователь частоты и один (по крайней мере) каскад усиления ПЧ, то становится очевидным, что в относительно простом карманном супергетеродине должно быть не менее пяти транзисторов

В то же время, как было показано в описании предшествующей конструкции, для повышения чувствительности приемника желательно иметь в нем двухкаскадный усилитель ПЧ, т е в этом случае супергетеродин должен быть шеститранзисторным И, наконец, с целью улучшения качества звучания приемника, а также повышения чувствительности усилителя НЧ рекомендуется увеличить количество низкочастотных транзисторов до четырех Таким образом, максимальное количество транзисторов в супергетеродине, который еще можно считать простым, равно семи.

Ниже описываются устройство, изготовление и налаживание пятитранзисторного карманного супергетеродина, монтажная плата которого выполняется с расчетом последующих усовершенствований приемника, подобно тому, как это было сделано в предшествующих конструкциях Внешний вид приемника показан на рис 22

Супергетеродин выполнен в виде карманной конструкции с внешними размерами 40×100×150 *мм* и весит около 500 *г* Максимальная выходная мощность до 100 *мвт* Источником питания является батарея типа «Крон-ВЦ» с начальным напряжением 9 *в*. Работоспособность сохраняется при разрядке батареи до 4,0—4,5 *в* Приемник может работать в одном из радиовещательных диапазонов — ДВ или СВ Чувствительность при приеме на внутреннюю магнитную антенну составляет около 3—5 *мв/м* Избирательность по соседнему каналу равна 20—24 *дб*.

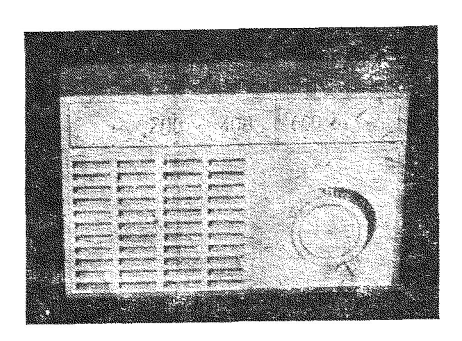


Рис. 22. Внешний вид карманного супергетеродина.

Принципиальная схема. Супергетеродин выполнен по принципиальной схеме (рис 23), высокочастотная часть которой имеет много общего со схемой переносного приемника на шести транзисторах (рис 16). Отличия заключаются в применении более сложного фильтра сосредоточенной селекции (ФСС) и отсутствии подстроечного конденсатора в контуре гетеродина В качестве ФСС использован готовый ФПЧ от приемника «Селга» Достоинством ФСС приемника «Селга» является его высокая избирательность, сохраняемая в схеме вследствие весьма слабых связей как с преобразователем частоты (L_4), так и с усилителем ПЧ (L_7) Для шунтирования катушки L_4 на частотах выше 465 *кгц* параллельно ее выводам включен конденсатор C_9 емкостью 510 *пф*

Второе отличие вызвано стремлением упростить конструкцию и налаживание карманного приемника Как показывает любительская практика, в простых приемниках подстроечный конденсатор в контуре гетеродина вполне можно заменить конденсатором постоянной емкости Кроме экономии места, такая замена существенно упрощает налаживание супергетеродина и практически устраняет распространенные среди начинающих любителей ошибки в установке высокочастотной границы диапазона

Усилитель НЧ супергетеродина представляет собой упрощенный вариант усилителя НЧ предшествующего приемника (рис 16) и отличается меньшим количеством транзисторов (три вместо четырех), а также использованием малогабаритных трансформаторов НЧ ($Тр_1$ и $Тр_2$) громкоговорителя $Гр_1$

Так же как и во всех предшествующих конструкциях, имеется диодный стабилизатор напряжения смещения (—1,0 *в*) на диодах $Д_2$—$Д_4$, благодаря чему обеспечивается поддержание требуемых ре-

жимов работы всех каскадов при значительном разбросе параметров транзисторов и колебании температуры воздуха

ДЕТАЛИ И КОНСТРУКЦИЯ. В карманном приемнике применены в основном готовые стандартные малогабаритные детали и узлы

Транзисторы T_1 и T_2 — типа П422—П423 (П401—П403) либо ГТ309 с любыми буквенными индексами, T_3—T_5 — типа МП39 или МП40—МП42 Кроме того, в первом каскаде (T_3) желательно использовать транзистор типа МП39Б, отличающийся низким уровнем собственного шума

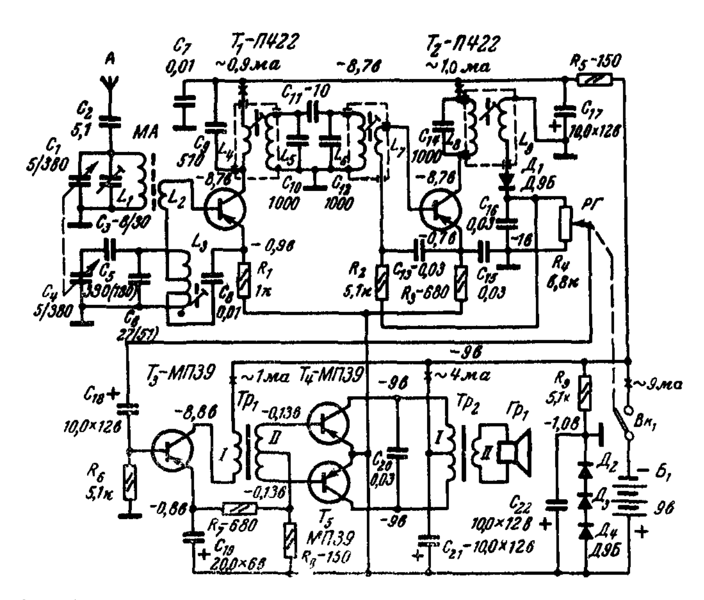


Рис 23 Принципиальная схема пятитранзисторного супергетеродина

Диоды $Д_1$—$Д_4$ — точечные германиевые, типа Д9Б—Д9Д Применение диодов типа Д2Б—Д2Д нежелательно вследствие их больших размеров

Резисторы — типа УЛМ или МЛТ 0,25, МЛТ-0,5 Потенциометр регулятора громкости R_4 — типа СПЗ-3 *а*, *b*, совмещенный с выключателем питания $Вк_1$ Такие потенциометры применяются во всех карманных приемниках отечественного производства

Конденсаторы постоянной емкости C_7, C_8, C_{13}, C_{15}, C_{16} типа КДС или КЛС В крайнем случае некоторые из них можно заменить конденсаторами типа БМ-2, имеющими несколько большие размеры. Контурные конденсаторы C_5, C_9, C_{10}, C_{12}, C_{14} должны иметь гарантированный разброс значения емкости не более ± 10% Здесь подойдут конденсаторы типов КСО-1а, ПМ-1, в крайнем случае КСО 2а Конденсаторы C_2, C_6, C_{11} могут быть типа КТ-1а Электролитические конденсаторы типа К50 3 или ЭМ, ЭМ-Н, «Тесла» на рабочее напряжение 10—12 *в*, кроме C_{18}, который может быть на напря-

жение 4—6 *в*. Подстроечный конденсатор C_3 типа КПК-М. Двухсекционный блок конденсаторов переменной емкости — типа «Тесла».

Трансформаторы НЧ от приемника «Сокол». Оба они имеют одинаковый внешний вид и различаются между собой буквенными индексами, нанесенными на защитной обертке каркаса; С — согласующий ($Тр_1$) и В — выходной. В случае необходимости можно использовать аналогичные трансформаторы от других карманных приемников, например «Мир», «Планета» и т. п. Возможно также их самостоятельное изготовление. Необходимые для этого данные приведены в табл. 5.

Таблица 5

Трансформатор	Обмотка	Провод	Число витков	Сердечник
$ТР_1$	*I* *II*	ПЭВ-1 0,06 ПЭВ-1 0,06	2 500 350 + 350	Пермаллой Ш3×6
$ТР_2$	*I* *II*	ПЭВ-1 0,09 ПЭВ-1 0,23	450 + 450 102	Пермаллой Ш3×6

Громкоговоритель $Гр_1$ — с номинальной мощностью 0,1—0,2 *ва* и сопротивлением звуковой катушки 6—10 *ом*. Для этой цели лучше всего подойдет громкоговоритель типа 0,1ГД-6 или 0,1 ГД-8 Последний отличается меньшими размерами и весом. Можно также применить громкоговоритель типа 0,1ГД-3 или 0,2 ГД-1, но их звуковая отдача несколько меньше, чем первых двух.

Катушки ФПЧ — готовые, от приемника «Селга». Продаются они в сборе, с подстроечными сердечниками и экраном, что значительно упрощает их монтаж и настройку. Внешний вид ФПЧ показан на рис. 24 Различаются они между собой по цветной метке, нанесенной у горловины пластмассового каркаса. При необходимости после перемотки могут быть использованы аналогичные по конструкции ФПЧ приемника «Сокол», «Нева», «Нева-2», «Чайка» и т. п.

Катушка гетеродина L_3 — самодельная. Для ее изготовления используется унифицированный двухсекционный каркас с ферритовым подстроечным сердечником марки 600 НН (Ф-600). Такие каркасы, в частности, применялись в ФПЧ ламповых приемников

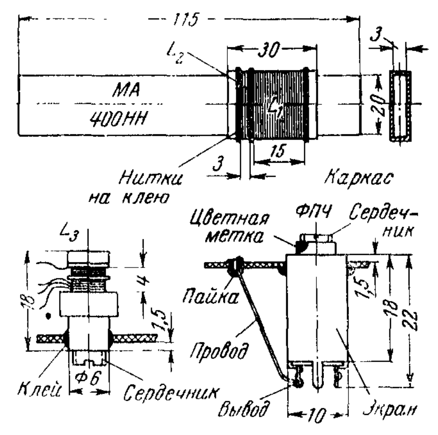


Рис. 24. Внешний вид катушек индуктивности карманного супергетеродина.

«Волна», «Муромец» и т. п. Можно также использовать броневой сердечник из карбонильного железа типа СБ-12а (СБ-1а) Моточные данные катушки L_3 при этом не изменяются.

Магнитная антенна в современных карманных приемниках выполняется, как правило, на плоском ферритовом стержне марки 400 НН (Ф-400) Наиболее распространен сердечник с размерами 3×20×115 *мм*, который и используется в описываемых ниже конструкциях. По сравнению с аналогичными по длине цилиндрическими сердечниками у него одно главное для карманных приемников преимущество — малая толщина, благодаря чему хорошо используется объем корпуса. Катушки L_1, L_2 наматываются на подвижном бумажном каркасе, свободно перемещающемся по ферритовому стержню. Конструкция магнитной антенны и указанных выше катушек показана на рис. 24, а моточные данные приведены в табл. 6.

Таблица 6

Катушка	Количество витков		Провод	Примечания
	СВ	ДВ		
L_1	65	190	ПЭЛШО, ПЭЛ	
L_2	6	15	0,1 — 0,14	
L_3	2 + 4 + 66	2 + 5 + 130	ПЭЛШО, ПЭЛ 0,1 — 0,14	
L_4	50		ПЭЛШО 0,1	„Селга“, ФПЧ-1,
L_5	70		ЛЭ 5×0,06	красная точка
L_6	70		ЛЭ 5×0,06	„Селга“, ФПЧ-2 или ФПЧ-3, коричневая
L_7	4 или 7		ПЭВ-2 0,1	или желтая точка
L_8	70		ПЭВ-2 0,1	„Селга“, ФПЧ-4,
L_9	110		ПЭЛШО 0,1	белая точка

Монтажная плата карманного приемника — самодельная. Она изготовляется из текстолита или гетинакса толщиной 1,5—2,0 *мм* по чертежу, изображенному на рис. 25. На монтажной плате размещаются все детали приемника, за исключением громкоговорителя, закрепляемого на лицевой панели корпуса, что необходимо для улучшения акустических данных, и батареи питания, подключаемой к схеме с помощью гибких проводников, снабженных на конце контактной парой от отслужившей свой срок батареи «Крона».

Монтаж деталей — односторонний. В качестве монтажных гнезд используются расклепанные пустотелые заклепки, как в описанных ранее конструкциях. Соединение гнезд осуществляется с помощью собственных выводов деталей и дополнительных проводников. Конечно, это не такой совершенный вид монтажа, как применяемый в приемниках промышленного изготовления печатный монтаж. Но в простых конструкциях, изготовляемых начинающими любителями, использование печатных монтажных плат затруднено по следующим причинам.

Во первых, для этого необходим фольгированный гетинакс, который доступен еще не всем любителям. Во-вторых, печатная плата

позволяет производить монтаж только отпределенных типов деталей и только по одной принципиальной схеме Всякие изменения в схеме, например добавление одного-двух транзисторов или других деталей, требует изготовления новой платы Поэтому, когда речь идет об одном экземпляре простой конструкции, которую в дальнейшем придется совершенствовать, лучше не пользоваться печатным монтажом

Общий вид монтажной платы в сборе показан на рис 26 Следует обратить внимание на подключение выводов ФПЧ к схеме с помощью вспомогательных проводников Сделано это для того, чтобы избежать повреждения каркаса катушек и их выводов при пе-

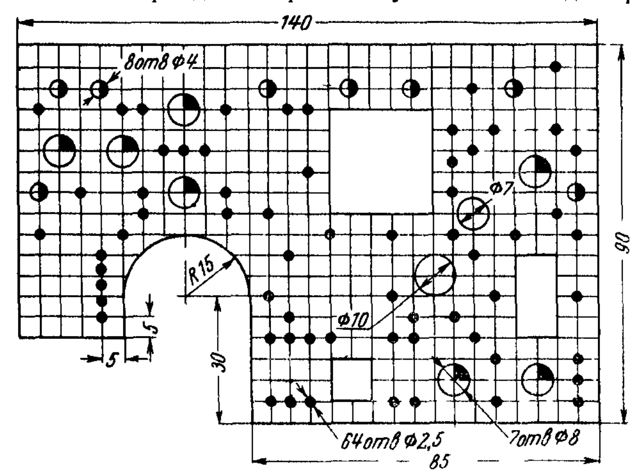


Рис 25 Чертеж монтажной платы карманного супергетеродина

репайке ФПЧ, что имеет место при устранении допущенных ошибок Если выводы ФПЧ впаивать в монтажные гнезда непосредственно, как это делается в промышленных конструкциях, то при перепайке такой ФПЧ обязательно выйдет из строя Стержень магнитной антенны крепится суровыми нитками или на клею на двух дополнительных кронштейнах Экраны ПЧ вставляются в соответствующие вырезы монтажной платы и фиксируются с помощью клея или суперцемента

В приемнике используется относительно простой верньер, устройство и конструкция которого понятны из рис 27 Наличие замедляющего верньера значительно облегчает настройку на станции. В качестве ведущей оси используется ось с подшипником от потенциометра типа СП или ТК, закрепленным на плате Ведомым является шкив, выпиленный из органического стекла толщиной 3—4 *мм*, имеющий центральный фигурный вырез (под полуось конденсатора переменной емкости) и желобок на торце Передача осуществляется крученой шелковой или капроновой ниткой, закрепленной на шкиве одним концом жестко, а другим — на пружине

Движение нити используется также для перемещения указателя настройки Шкала вычерчивается на белой плотной бумаге и наклеивается на подшкальник, закрепляемый на плате с помощью клея или винтом М3 Снаружи шкала защищается вставкой из прозрачного органического стекла Корпус приемника лучше всего склеить из цветного непрозрачного органического стекла толщиной 2,5—3,0 мм Лицевую решетку под громкоговоритель можно выпилить из имеющихся в продаже пластмассовых обрамлений телевизо-

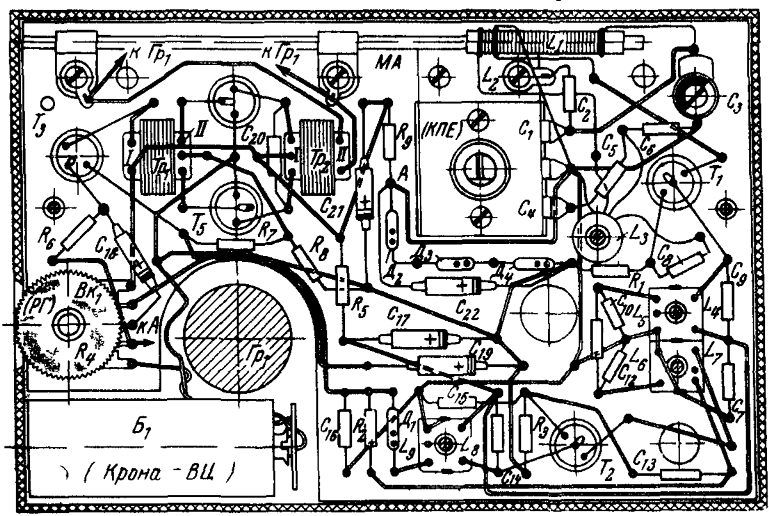


Рис 26 Вид монтажа пятитранзисторного супергетеродина

ров «Рекорд», «Темп 6» и т п Конечно внешний вид приемника только выиграет, если лицевую панель выполнить из анодированной металлической панели от приемника «Селга» или «ВЭФ транзистор 10» В качестве рукоятки настройки рекомендуется применить пластмассовую ручку регулятора громкости или тембра от одного из вещательных приемников

Налаживание После окончания монтажа необходимо самым тщательным образом проверить правильность всех соединений Батарею питания подключают только после устранения всех замеченных ошибок и неисправностей Дальнейшие операции производят в последовательности, описанной в гл 1, поэтому здесь остановимся на особенностях — их две Первая заключается в том, что для настройки ФПЧ в резонанс используются имеющиеся в них подстроечные сердечники с резьбой Это значительно удобнее, чем картонные каркасы, используемые в предыдущих конструкциях В результате настройка ФПЧ становится более точной

Во вторых, из за отсутствия подстроечного конденсатора в контуре гетеродина устанавливается только низкочастотная граница диапазона, что делается подстроечным сердечником катушки L_3 Высокочастотная граница в случае применения конденсаторов C_5 и C_6 требуемых номиналов с отклонением не более ± 10% устанавлива-

ется автоматически Сопряжение же настройки контуров магнитной антенны и гетеродина осуществляется перемещением каркаса катушек L_1, L_2 на длинноволновом конце диапазона и вращением ротора подстроечного конденсатора C_3 — на высокочастотном Проверка сопряжения производится на середине шкалы настройки

Исправный приемник должен потреблять в покое и при минимальной громкости ток 7—8 *ма* и около 20—25 *ма* при работе с максимальной громкостью В среднем энергии батареи «Крона-ВЦ» хватает на 40—50 *ч* работы приемника, после чего батарею необходимо заменить новой

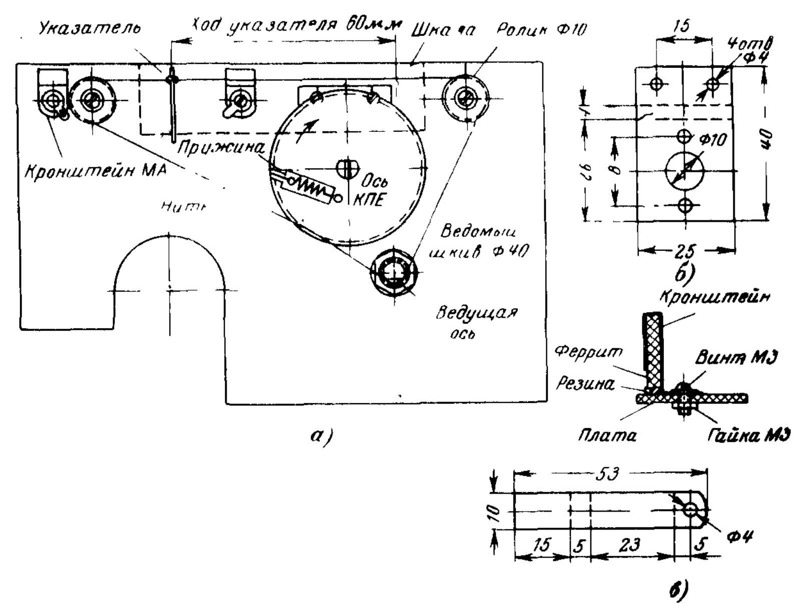


Рис. 27. Конструкция верньера и шкалы настройки.

После того как приемник собран, налажен и опробован на приеме сигналов местных и дальних станций, его чувствительность может быть существенно повышена за счет введения дополнительного каскада усиления ПЧ на одном транзисторе. Ниже описывается карманный приемник с двухкаскадным усилителем ПЧ.

ШЕСТИТРАНЗИСТОРНЫЙ КАРМАННЫЙ СУПЕРГЕТЕРОДИН

Принципиальная схема. Согласно принципиальной схеме (рис. 28) приемник отличается от ранее описанного (рис. 23) наличием дополнительных транзистора T_6 и резистора R_{10}, включенных между ФСС и базой транзистора T_2 так же, как это сделано в предшествующем супергетеродине на семи транзисторах (рис. 18). При таком включении транзисторов усилителя ПЧ достигается высокая стабильность параметров приемника, большое усиление до детектора, эффектив-

ное действие АРУ при большой простоте конструкции, о чем уже говорилось ранее. Несмотря на указанные достоинства двухкаскадного усилителя ПЧ, все-таки первоначально лучше всего собрать карманный приемник с однокаскадным усилителем ПЧ, который проще и дешевле.

За счет увеличения количества усилительных каскадов ПЧ чувствительность приемника на СВ и ДВ достигает 0,3—0,5 *мв/м*. При

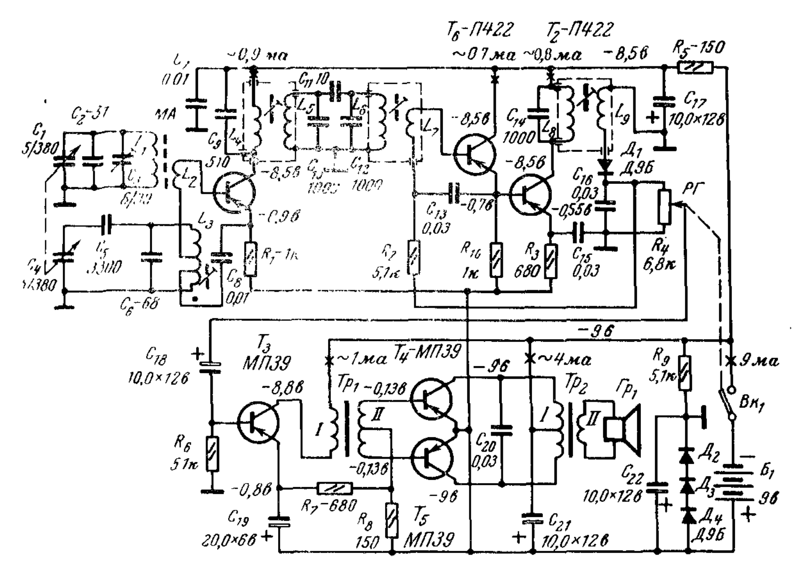


Рис. 28 Принципиальная схема шеститранзисторного супергетеродина.

этом становится возможным уверенный прием на внутреннюю магнитную антенну многих дальних станций при работе не только на СВ и ДВ, но и на КВ. Следует указать, что ферритовые стержни марки 400 НН (Ф-400) и их предшественники марки 600 НН (Ф-600) предназначены главным образом для использовании на ДВ и СВ. На КВ они работают значительно хуже.

В качестве примера на рис. 29 приведены экспериментальные данные по определению зависимости добротности контурной катушки магнитной КВ-антенны, намотанной на подвижном каркасе, размещенном на плоском ферритовом стержне марки 400 НН, от частоты сигнала. Как следует из рис. 29, добротность антенны резко падает по мере увеличения частоты, причем это падение замедляется по мере удаления каркаса катушки от середины стержня к его концу. Практически же приемлемая для магнитной антенны величина добротности ($Q \approx 30$) может быть достигнута на частотах ниже 10 *Мгц*, т. е. на волнах длиннее 30 *м*. При этом каркас контурной катушки магнитной антенны должен находиться вблизи конца ферритового стержня.

Исходя из возможностей магнитной антенны, в данном карманном приемнике диапазон КВ ограничен в пределах 30—52 *м*, что потребовало изменения номиналов конденсаторов C_2 и C_6, а также намоточных данных катушек L_1—L_3.

Детали и конструкция. Транзистор T_6 такого же типа, как транзисторы T_1 и T_2. На КВ лучшие результаты дает применение в преобразователе частоты (T_1) транзисторов типов П422, П423 (П402, П403) и ГТ309 с различными буквенными индексами

Конденсаторы C_2, C_5, C_6, C_3 должны быть керамическими, типов КТК-1а, КЛС. Все остальные конденсаторы не меняются

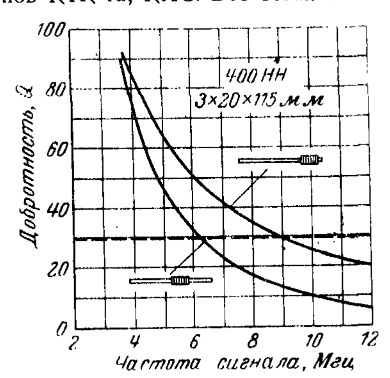


Рис. 29. Зависимость добротности магнитной КВ-антенны от частоты.

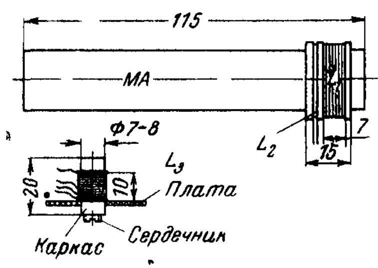


Рис. 30. Конструкция КВ-катушек.

Катушки магнитной антенны L_1, L_2 отличаются от ранее описанных моточными данными. L_1 — шесть витков; L_2 — два витка, все проводом марки ПЭЛШО или ПЭЛ диаметром 0,35—0,41 *мм*. Длина намотки — 10 *мм*. Каркас для намотки катушек МА склеивается из органического стекла толщиной 1,5—2 *мм*, что необходимо для получения необходимой добротности.

Катушка гетеродина L_3 делается таким же образом, как аналогичная катушка семитранзисторного коротковолнового приемника (рис 18) Но ее моточные данные другие. 2+4+6 витков провода ПЭЛШО диаметром 0,2—0,3 *мм* Конструкция КВ-катушек показана на рис. 30. Монтаж деталей усилителя ПЧ представлен на рис 31.

Налаживание переделанного супергетеродина сводится к дополнительной подстройке ФПЧ, вызванной введением транзистора T_6, а также установлению низкочастотной границы диапазона и сопряжению настроек контуров преобразователя частоты Делается это в такой же последовательности, как было рекомендовано для предшествующей конструкции Сначала подстройкой сердечника катушки L_3 добиваются приема станции на волне около 52 *м* при крайнем правом положении указателя настройки Затем более точно, по наибольшей громкости, подстраивается магнитная антенна После этого указатель настройки переводится в крайнее левое положение и вращением ротора подстроечного конденсатора C_3 добиваются наибольшей громкости станции, работающей на волне около 30 *м*. Как и прежде, налаживание приемника следует проводить в вечерние часы, когда слышно много станций

Налаженный в любительских условиях такой приемник должен обладать чувствительностью около 0,8—1,5 *мв/м*, что вполне достаточно для приема центрального радиовещания на большие дальности, не прибегая к подключению дополнительной антенны.

Следует иметь в виду, что используемый в описанных выше карманных супергетеродинах двухкаскадный усилитель НЧ (на трех транзисторах) не может обеспечить того качества звучания,

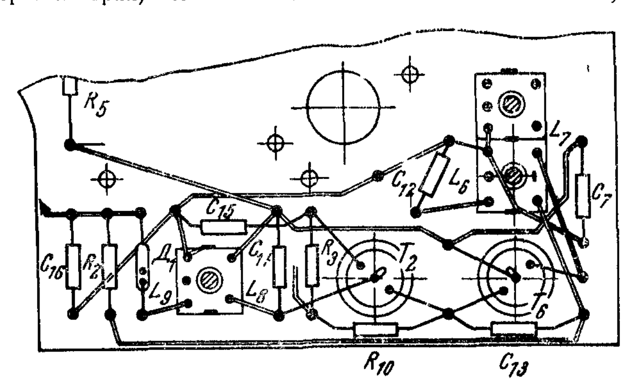


Рис. 31. Монтаж деталей двухкаскадного усилителя ПЧ.

что дают более сложные усилители НЧ промышленных приемников Ниже описывается карманный супергетеродин, отличающийся от своих предшественников лучшим качеством звучания и более высокой экономичностью

СЕМИТРАНЗИСТОРНЫЙ КАРМАННЫЙ СУПЕРГЕТЕРОДИН

Качество звучания радиоприемников оценивается главным образом по уровню частотных и нелинейных искажений воспроизведенных звуковых сигналов Частотные искажения обусловлены неравномерным усилением частот в полосе сигнала, а основным источником нелинейных искажений является усилитель НЧ, а точнее, его оконечный каскад, согласующий и выходной трансформаторы С целью уменьшения искажений, даваемых оконечным каскадом, целесообразно применять в нем пару однотипных транзисторов с близкими значениями усиления по току и не перегружать их Сложнее дело обстоит с трансформаторами НЧ. Здесь действуют противоречивые требования

С одной стороны, в интересах уменьшения габаритов и веса приемника желательно иметь малогабаритные трансформаторы НЧ. С другой, для увеличения к. п. д. усилителя и снижения нелинейных искажений трансформаторы должны иметь большие размеры сердечника и катушек. Последние требования частично удовлетворяются только в переносных конструкциях.

В карманных приемниках с улучшенным качеством звучания желательно использовать усилители НЧ с одним трансформатором

Либо вовсе без него. Такие транзисторные усилители известны и в специальной литературе носят название усилителей с дополнительной симметрией. Основной их особенностью является использование сочетания транзисторов различной проводимости *p-n-p* и *n-p-n*, что позволяет обойтись без согласующего трансформатора. Кроме того, в ряде случаев можно отказаться также и от выходного трансформатора, что еще лучше Такие усилители получили название бестрансформаторных и уже давно широко применяются в любительских конструкциях

Распространенные низкочастотные транзисторы малой мощности, используемые любителями в оконечных каскадах, могут работать с высокими к. п д в бестрансформаторных усилителях, нагруженных на стандартные низкоомные громкоговорители (6—10 *ом*) лишь при напряжении питания 3,0—4,5 *в*. Если напряжение больше, то транзисторы работают с перегрузкой по току, перегреваются, в результате чего снижаются к п д и срок службы транзисторов. Для сохранения хороших характеристик бестрансформаторных усилителей НЧ при более высоком напряжении питания необходимо увеличить сопротивление нагрузки. Например, при шестивольтовом питании сопротивление звуковой катушки громкоговорителя должно быть не менее 25—30 *ом*, при девятивольтовом —40—50 *ом* Громкоговорители с такими катушками выпускаются редко и в ограниченном количестве Из известных можно назвать громкоговорители типа 0,5ГД-14 от приемника «Атмосфера» (первого выпуска) и высокоомный вариант типа 0,2ГД-1, оба на 28 *ом*.

Для работы с такими усилителями можно использовать и обычные низкоомные громкоговорители, если их подключать к выходу усилителя через согласующий трансформатор. Правда, при использовании стандартных трансформаторов такое включение приведет к снижению выходной мощности, но повысит экономичность приемника. Кроме того, за счет низкого выходного сопротивления таких усилителей влияние качества трансформатора на звучание приемника уменьшится.

Принципиальная схема Согласно рис. 32 супергетеродин представляет собой приемник, в котором высокочастотная часть полностью выполнена по схеме, изображенной на рис. 28, а усилитель НЧ собран на четырех транзисторах различной проводимости. Нагрузкой усилителя является низкоомный громкоговоритель $Гр_1$, включенный через выходной трансформатор $Тр_2$ (трансформатор $Тр_1$ из схемы исключен). Изменение схемы усилителя НЧ потребовало введения ряда дополнительных деталей. двух *n-p-n* транзисторов ($Т_5$, $Т_7$), одного диода ($Д_5$), электролитических конденсаторов и постоянных резисторов Кроме того, изменены места включения резисторов R_5—R_7, R_{10}, конденсатора C_{19}, а также трансформатора $Тр_2$. Все остальное остается без изменений.

Усилитель НЧ выполнен по схеме с глубокими отрицательными обратными связями по постоянному току и напряжению Такой усилитель автоматически стабилизирует режим работы транзисторов как при изменении напряжения питания, так и в случае колебаний температуры воздуха

Работает усилитель следующим образом. Напряжение НЧ, снимаемое с движка потенциометра R_4, через переходный конденсатор C_{18} поступает на базу транзистора $Т_3$, начальное смещение которого устанавливается с помощью делителя напряжения на резисторах R_7, R_6, R_{11} равным примерно половине напряжения питания Фильтр

R_7C_{20} необходим для устранения действия пульсаций в цепи питания на вход усилителя НЧ. Коллектор транзистора T_3 подключен непосредственно к базе следующего транзистора T_5. Резистор R_{12} включен для уменьшения влияния разброса параметров транзисторов на работу усилителя.

В свою очередь в цепи коллектора транзистора T_5 включены последовательно диод $Д_5$ и резистор R_{13}. К выводам диода $Д_5$ подключены базы оконечных транзисторов T_4 и T_7, у которых эмиттеры соединены вместе, а коллекторы подключены к различным полюсам батареи питания. В данной схеме диод $Д_5$ создает начальное стабилизированное смещение на базах транзисторов T_4 и T_7 относительно друг друга.

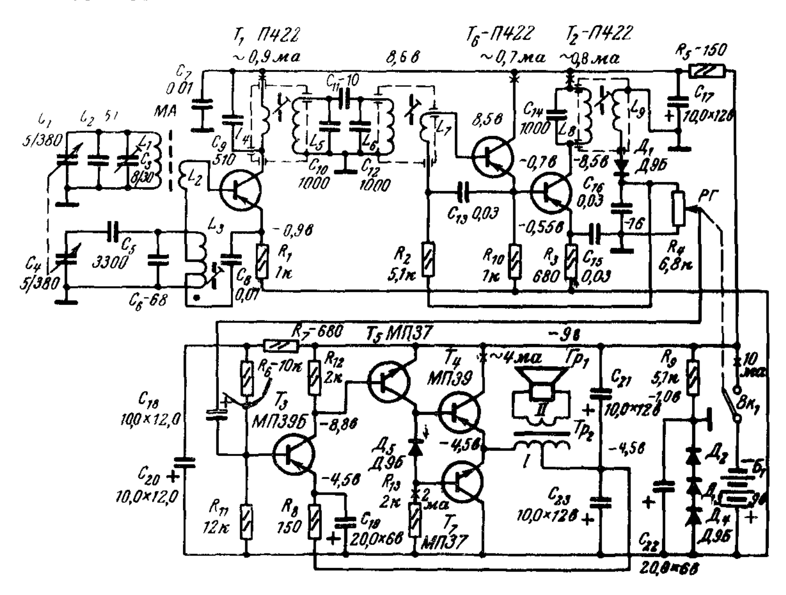


Рис. 32. Принципиальная схема семитранзисторного карманного супергетеродина.

Громкоговоритель подключен ко вторичной обмотке трансформатора $Тр_2$, первичная обмотка которого соединяет эмиттеры транзисторов T_4, T_7 с общей точкой конденсаторов C_{21}, C_{23}. Последние представляют собой как бы источник питания со средней точкой. Для нормальной работы усилителя необходимо, чтобы постоянное напряжение на эмиттерах транзисторов T_4, T_7 было равно половине напряжения питания.

Установка и поддержание требуемого режима достигаются за счет подключения эмиттера транзистора T_3 через низкоомный резистор R_8 и первичную обмотку трансформатора $Тр_2$ к эмиттерам транзисторов T_4, T_7. Поскольку напряжение смещения на базе транзистора T_3 равно примерно половине напряжения питания, то напряжение на эмиттерах транзисторов T_4 и T_7 также будет примерно равно этой величине.

Резистор R_8 и конденсатор C_{19} образуют фильтр, устраняющий действие отрицательной обратной связи на частотах усиливаемого сигнала. Этому также во многом способствует подключение резистора R_8 к общей точке конденсаторов C_{21}, C_{23}, а не к эмиттерам транзисторов T_4, T_7, что имеет место в большинстве других любительских схем.

Детали, конструкция и налаживание. Транзисторы T_4 и T_7—типа МП36—МП38 с любыми буквенными индексами. Диод $Д_5$—типа Д9Б—Д9Д. Конденсаторы C_{21}, C_{23} — типа К-50-3 или «Тесла», емкостью 10,0—50,0 *мкф*. Постоянные резисторы — указанных ранее типов. Вид деталей усилителя НЧ на монтажной плате представлен на рис. 33.

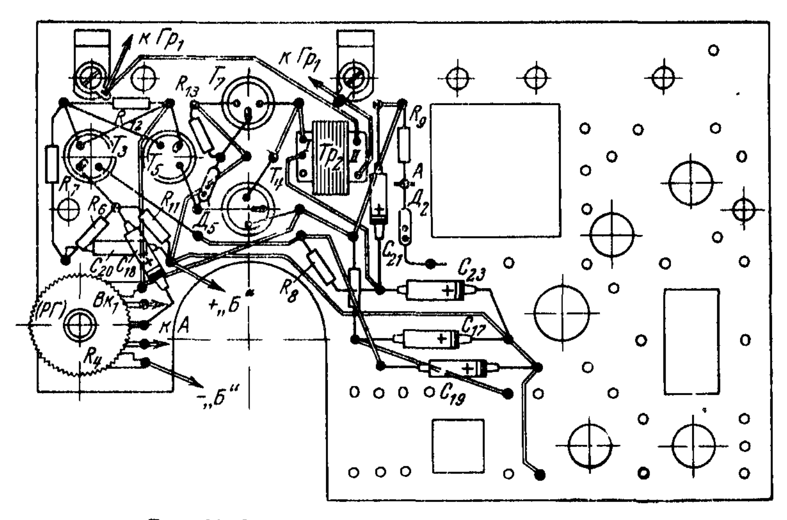


Рис. 33. Вид монтажа деталей усилителя НЧ.

Если детали исправны, а резисторы имеют указанные на схеме (рис. 32) номиналы, то необходимый режим работы устанавливается автоматически. При использовании других резисторов, а также транзисторов с большим разбросом параметров обнаруженные после проведения измерений отклонения в режимах могут быть устранены. Если напряжение на эмиттерах транзисторов T_4, T_7 не равно половине напряжения батареи питания, то необходимо подобрать сопротивление резистора R_6. В случае чрезмерного увеличения тока транзисторов T_4, T_7 требуется зашунтировать диод $Д_5$ резистором сопротивлением 300—500 *ом*. Точное его значение определяется в процессе налаживания.

Экономичность описанного приемника достигается главным образом за счет уменьшения величины выходной мощности со 100 до 50 *мва*. При этом потребляемый ток покоя остается прежним, равным 7—8 *ма*, тогда как максимальный ток снижается до 15 *ма*.

СОДЕРЖАНИЕ

Цена 15 коп.